

ALAKVÁLTOZÁS, HOSSZ- ÉS HOSSZVÁLTOZÁSMÉRÉS, ZSUGORODÁS, HŐTÁGULÁS, KÚSZÁS ÉS ERNYEDÉS

Dr. Kausay Tibor

Alakváltozás

A jelenséget, amelynek esetén valamely hatásra (külső erő hatására vagy egyéb külső-belső hatásra) a szilárd test pontjai egymáshoz képest elmozdulnak és a test anyagi, geometriai alakzatai (anyagi vonalak hossza, anyagi vonalak által bezárt szög, testek térfogata stb.) megváltoznak, alakváltozásnak nevezzük.

Spontán alakváltozás

Az alakváltozást spontán alakváltozásnak nevezzük, ha *nem külső erő vagy annak változása hatására*, hanem valamely egyéb külső-belső hatásra (például *hőmérsékletváltozás, beton esetén zsugorodás, kúszás*) jön létre.

Spontán latin eredetű szó, jelentése általában: kényszer nélküli, szabad, önkéntes, jelentése a tudományban: külső beavatkozástól függetlenül létrejövő.

Hosszváltozás ($\Delta\ell$)

A hosszváltozás = lineáris alakváltozás, és mint ilyen az alakváltozások legegyszerűbb formája. A hosszváltozás a megváltozott hosszúság (például: L) és az eredeti hosszúság (például: L_0) különbsége: $\Delta\ell = L - L_0$.

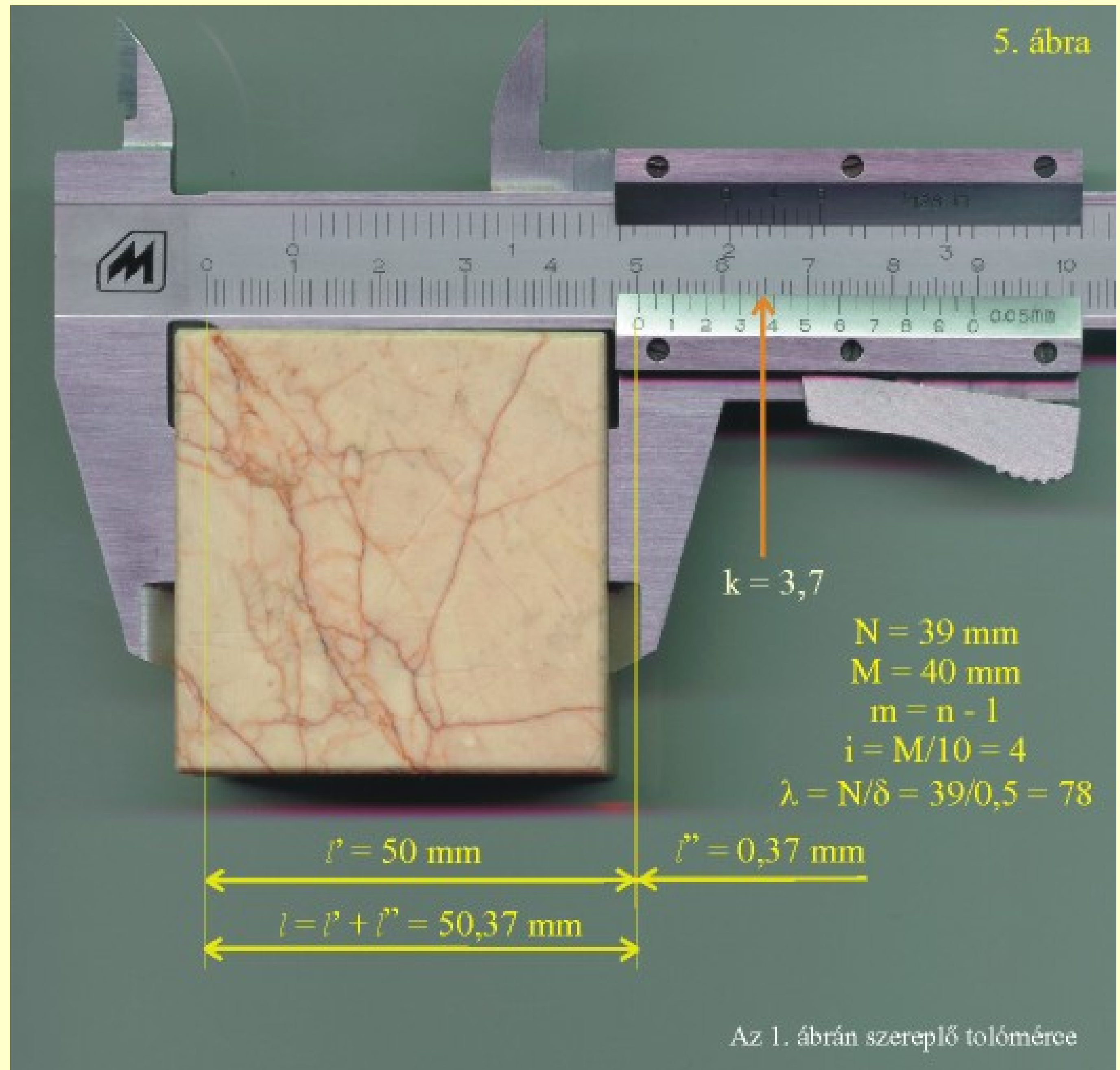
Az eredeti hosszúságot mérési alaphossznak is nevezzük.

Fajlagos hosszváltozás

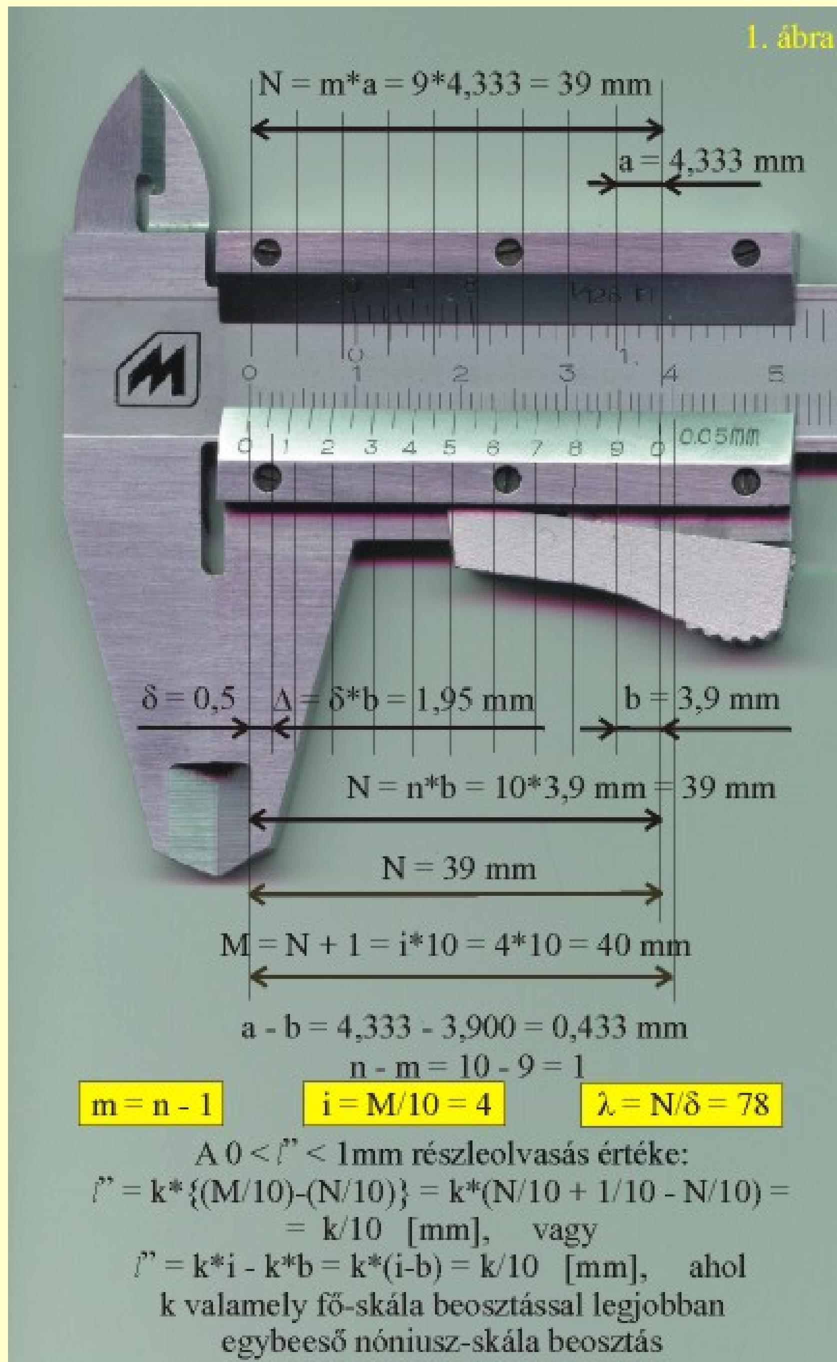
A fajlagos hosszváltozás a hosszváltozás ($\Delta\ell$) és az eredeti hosszúság (L_0) hányadosa: $\varepsilon = \Delta\ell / L_0$

A **nóniusz-skála** nevét ***Pedro Nunez*** (1492-1577) portugál matematikustól kapta.

A **nóniusz-skála** első leírása ***Pierre Vernier*** (1580-1637) francia matematikus 1631-ben kiadott munkájában található.



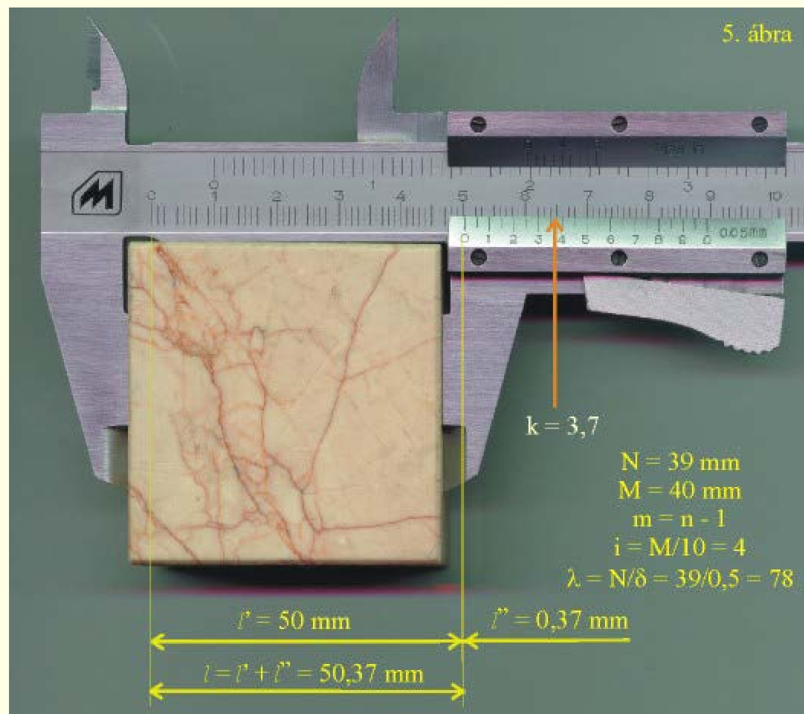
http://www.betonopus.hu/notesz/noniusz.pdf

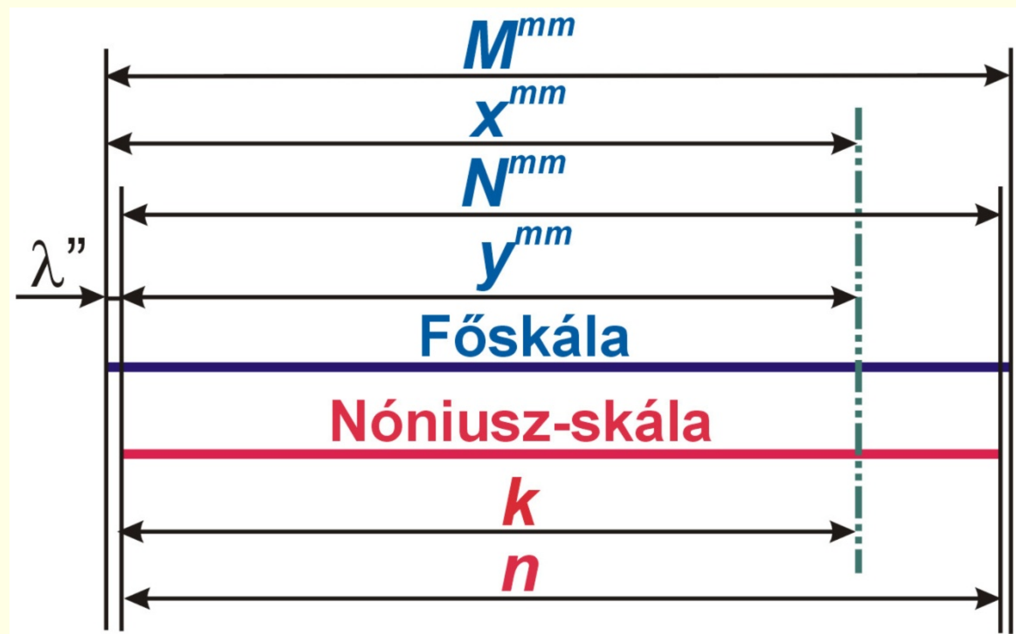


A tolómércén a nóniusz-skála beosztásainak száma *n* = 10 egység, és a nóniusz-skála hossza *N*, az ábrán a főskálán leolvasva *N* = 39 mm.

A nóniusz-skála hosszának (*N*) jellemzője, hogy 1 mm-rel rövidebb, mint a főskála hozzá tartozó *M* hossza, amiből *M* = *N* + 1 = 39 + 1 = 40 mm, illetve *M* – *N* = 1 mm.

Keressük meg a nóniusz-skálán azt a *k* beosztást, amelyik a főskála valamelyik beosztásával legjobban egybeesik, olvassuk le és jegyezzük fel.





$$lambda'' = x - y \qquad \frac{x}{y} = \frac{M}{N} \qquad y = x \cdot \frac{N}{M} \qquad lambda''\ [mm]$$

$$lambda'' = x - x \cdot \frac{N}{M} = x \cdot (1 - \frac{N}{M}) \qquad \frac{k}{n} = \frac{x}{M} \qquad x = k \cdot \frac{M}{n}$$

$$lambda'' = k \cdot \frac{M}{n} - k \cdot \frac{M}{n} \cdot \frac{N}{M} = k \cdot \frac{M}{n} - k \cdot \frac{N}{n} = \frac{k}{n} \cdot (N + 1 - N) = \frac{k}{10}$$

MEGJELENIK ÉVENTE NÉGYSZER:
február, május, augusztus és novemb. hóban

A MÉRTÉKJELZŐ

SZERKESZTI ÉS KIADJA:

KLEIN JÓZSEF

LÁTSZERÉSZETI INTÉZETE

MÉRŐESZKÖZÖK ÉS JELZŐKÉSZÜLÉKEK

NAGYBANI RAKTÁRA

BUDAPEST, VI. VÁCZI-KÖRUT 7. SZÁM.

TELEFON 66-24

PREISLISTE

FÜR

MESS- UND MARKIERWERKZEUGE

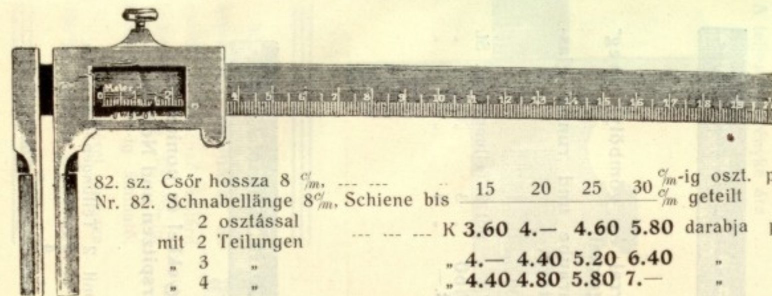
EN GROS NIEDERLAGE VON

JOSEF KLEIN

OPTISCHE INDUSTRIE-ANSTALT

BUDAPEST, VI. VÁCZI-KÖRUT Nr. 7.

PANNONIA BUDAPEST



		15	20	25	30	
82. sz. Csőr hossza 8 c/m, --- --- Nr. 82. Schnabellänge 8 c/m, Schiene bis		15	20	25	30	c/m-ig oszt. pánttal c/m geteilt
2 osztással mit 2 Teilungen	--- --- --- K	3.60	4.—	4.60	5.80	darabja pr. St.
„ 3 „	„	4.—	4.40	5.20	6.40	„ „
„ 4 „	„	4.40	4.80	5.80	7.—	„ „

Nr. 82 A. sz. **Noniussal** 1/10 *mm.* osztással darabja / Mit **Nonius** 1/10-*mm*-Teilung kostet das Stück K —.80 fill. drágább / mehr

10 c/m hosszú csőrrel darabja --- --- --- --- / mit 10 c/m langen Schnabel kostet das Stück „ —.60 fill. drágább / mehr

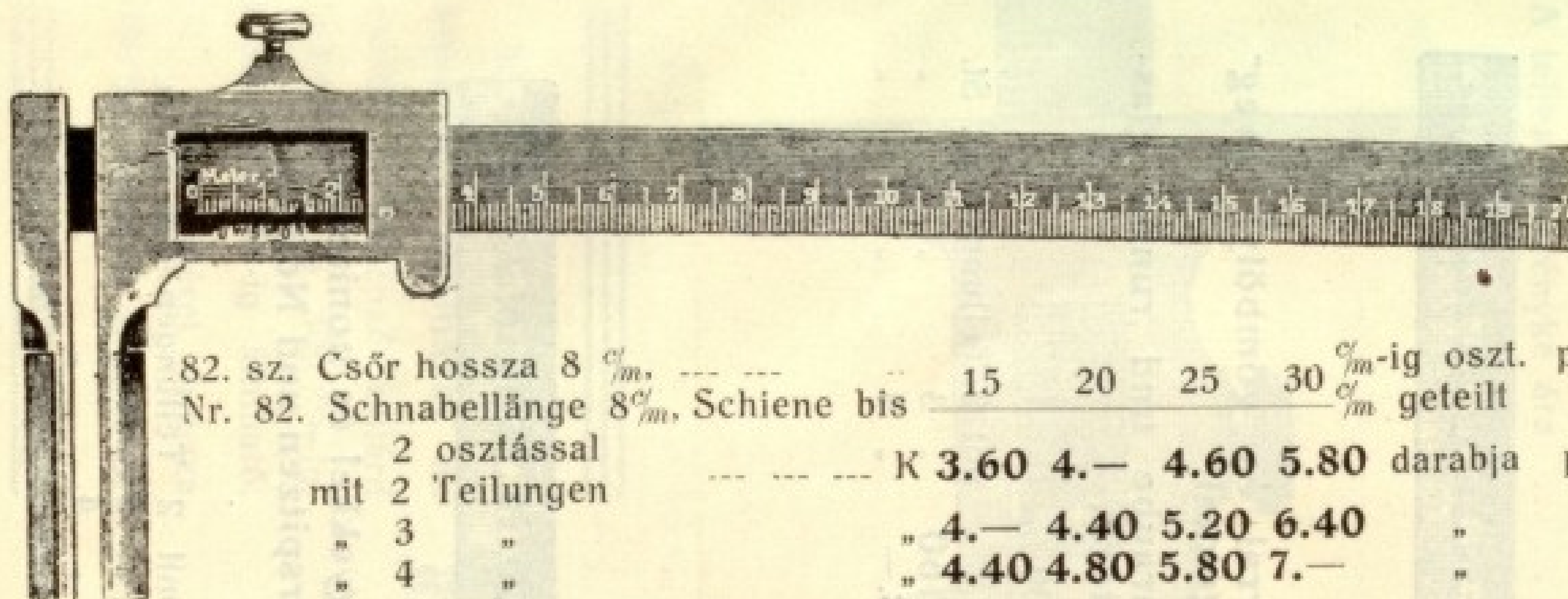
abgesetzt csőrrel, mint a 82. F. ábra --- --- --- / mit abgesetzten Schnabel wie Figur 82 F. --- „ —.60 fill. drágább. / mehr.

Nr. 82 B. sz. Csak 4 c/m hosszu csőrrel és 10 c/m hosszú pánttal, darabja --- --- K 3.— / Hat nur 4 c/m langen Schnabel, Schiene 10 c/m lang kostet pr. St. „

Nikkelezés cm.-ként 5 fillér. — Vernickelung per Centimeter 5 Heller.

A német nyelvű szöveg, az üzlet utca-címének neve és a koronában kifejezett árak arra engednek következtetni, hogy *Klein József* katalógusa az Osztrák-Magyar Monarchia idejéből, az 1916 előtti évekből való.

VI. Váczi-körút ma:
VI. Bajcsy-Zsilinszky út



		15	20	25	30		
82. sz. Csőr hossza 8 c/m, Nr. 82. Schnabellänge 8 c/m, Schiene bis		15	20	25	30 c/m-ig oszt. pánttal c/m geteilt		
2 osztással mit 2 Teilungen	K	3.60	4.—	4.60	5.80	darabja	pr. St.
„ 3 „	„	4.—	4.40	5.20	6.40	„	„
„ 4 „	„	4.40	4.80	5.80	7.—	„	„

Nr. 82 A. sz. **Noniussal** 1/10 *mm.* osztással darabja / Mit **Nonius** 1/10-*mm*-Teilung kostet das Stück K —.80 fill. drágább / mehr

10 c/m hosszú csőrrel darabja / mit 10 c/m langen Schnabel kostet das Stück „ —.60 fill. drágább / mehr

abgesetzt csőrrel, mint a 82. F. ábra / mit abgesetzten Schnabel wie Figur 82 F. „ —.60 fill. drágább. / mehr.

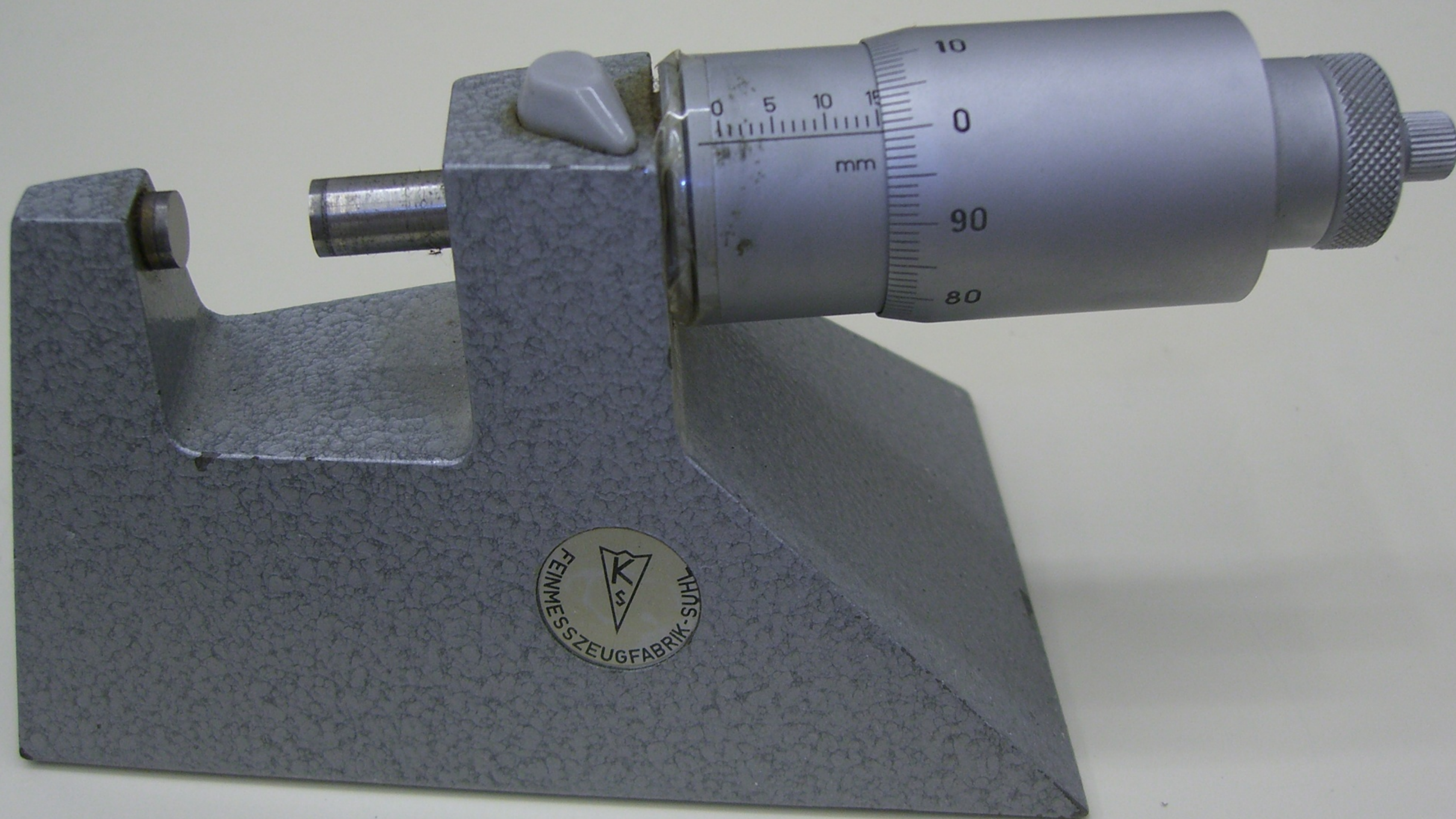
Nr. 82 B. sz. Csak 4 c/m hosszu csőrrel és 10 c/m hosszú pánttal, darabja K 3.— / Hat nur 4 c/m langen Schnabel, Schiene 10 c/m lang kostet pr. St. „

Nikkelezés cm.-ként 5 fillér. — Vernickelung per Centimeter 5 Heller.

Mikrométer csavaros vastagságmérő

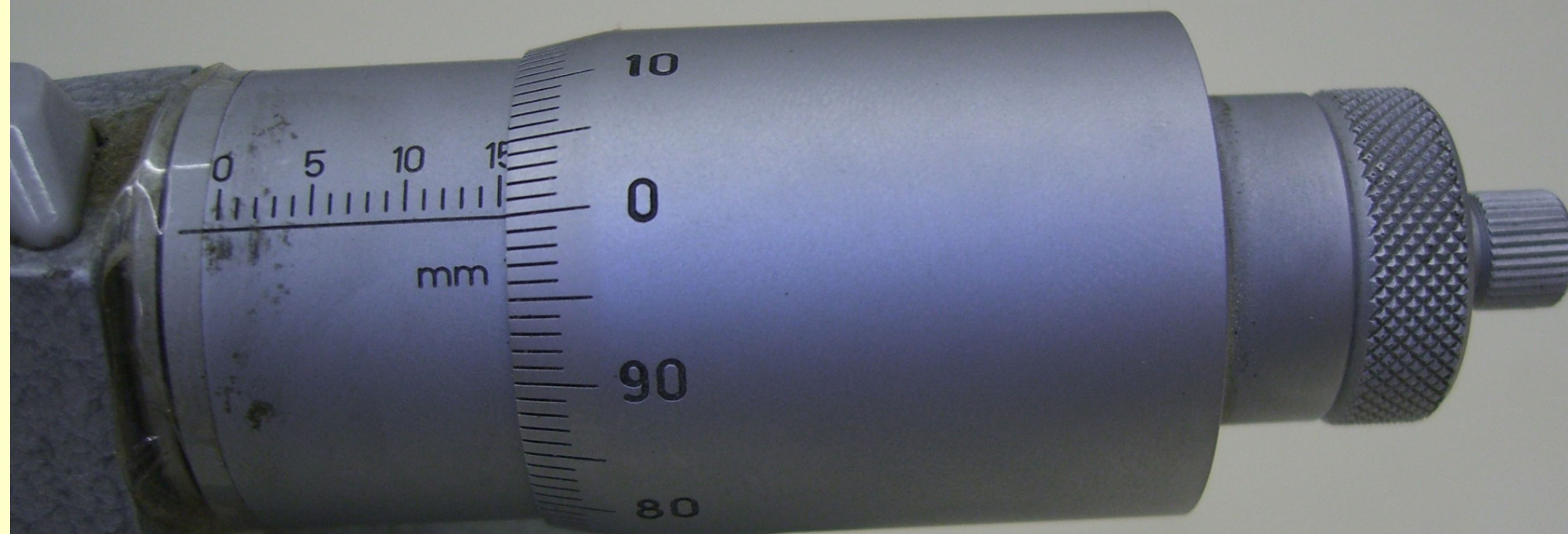


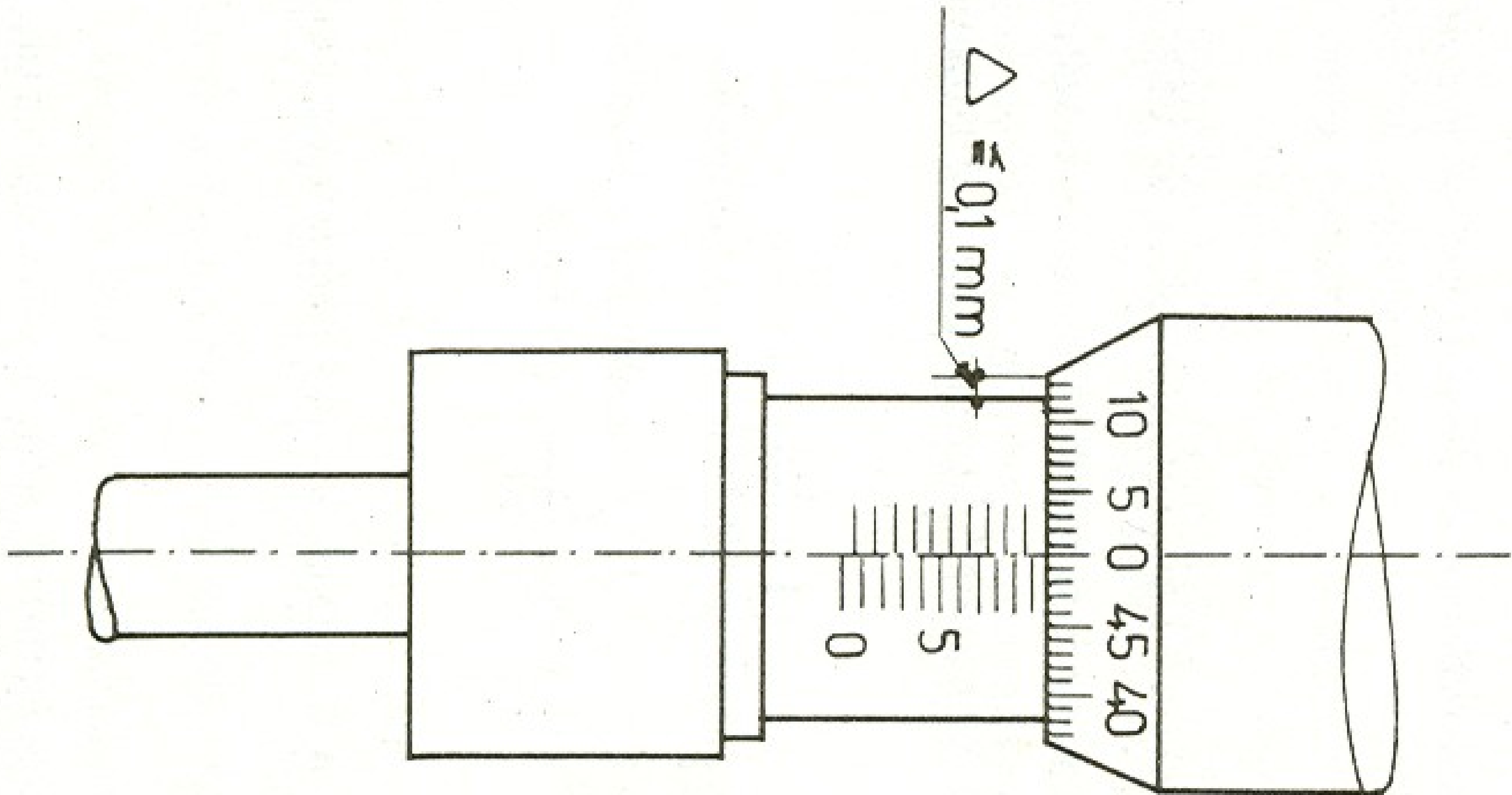
2007/9/11 17:07



Mikrométer csavaros vastagságmérő

Mikrométer csavar





Mikrométer leolvasóberendezés

Indikátor óra (mérőóra)

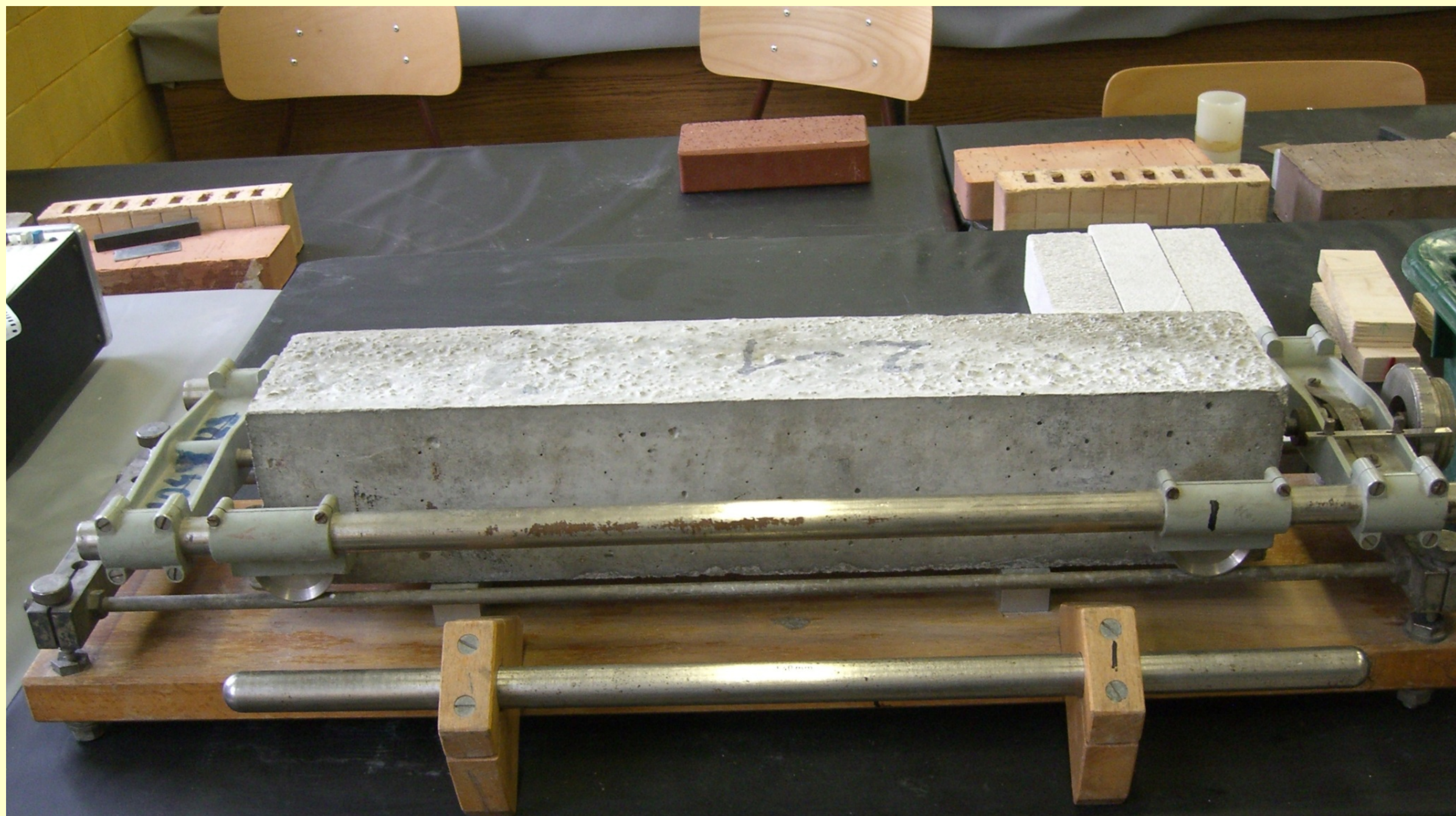


A hasábok mérete: 40×40×160 mm

***Graf – Kaufmann-féle* készülék**

[*Otto Graf* (1881-1956) német professzor]

2007/9/7 11:53



Amsler-Wetzlar-féle zsugorodás mérő készülék
(*Alfred J. Amsler*, 1857-1940, svájci gépészmérnök)

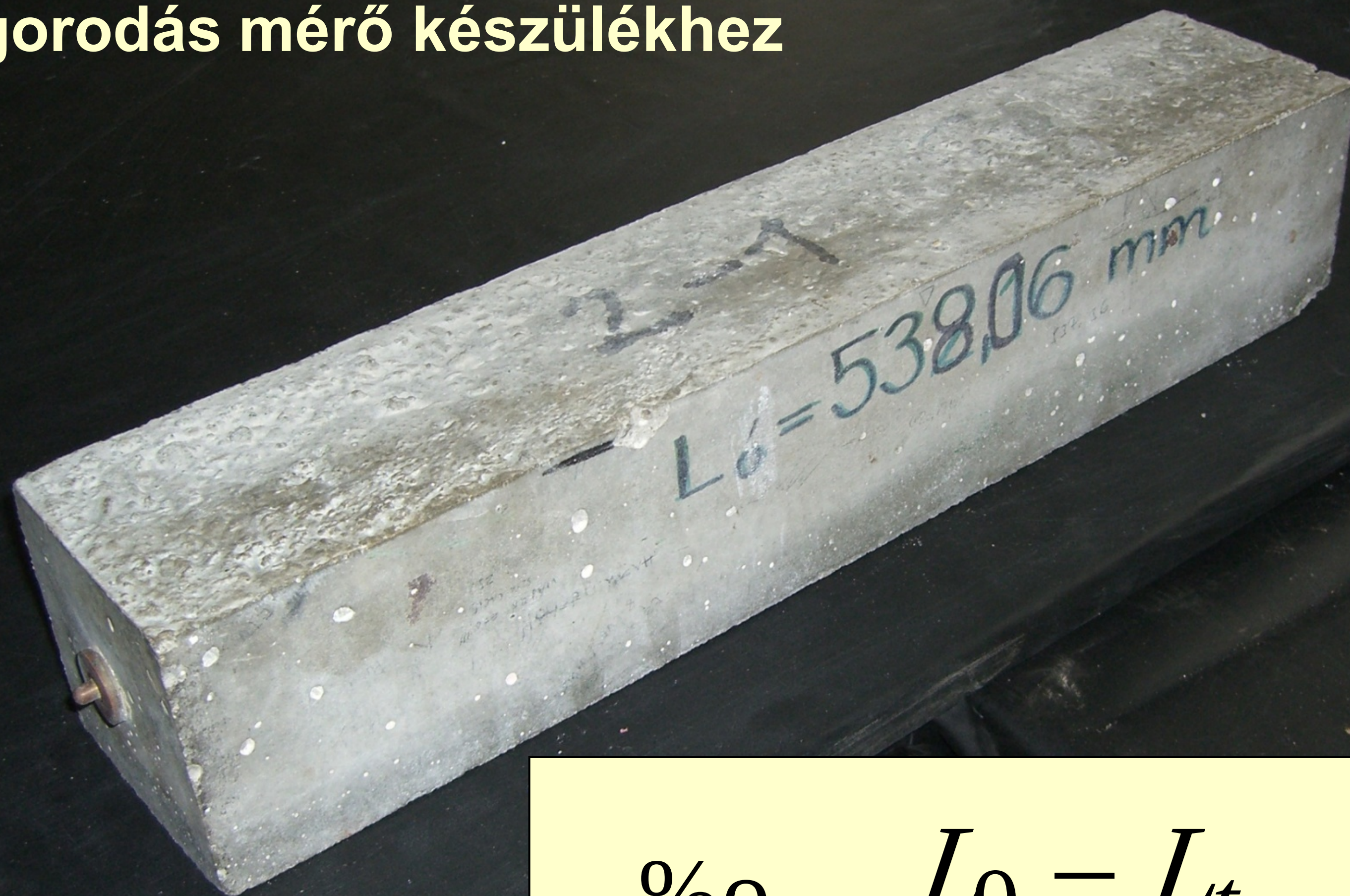


Amsler-Wetzlar-féle zsugorodás mérő készülék

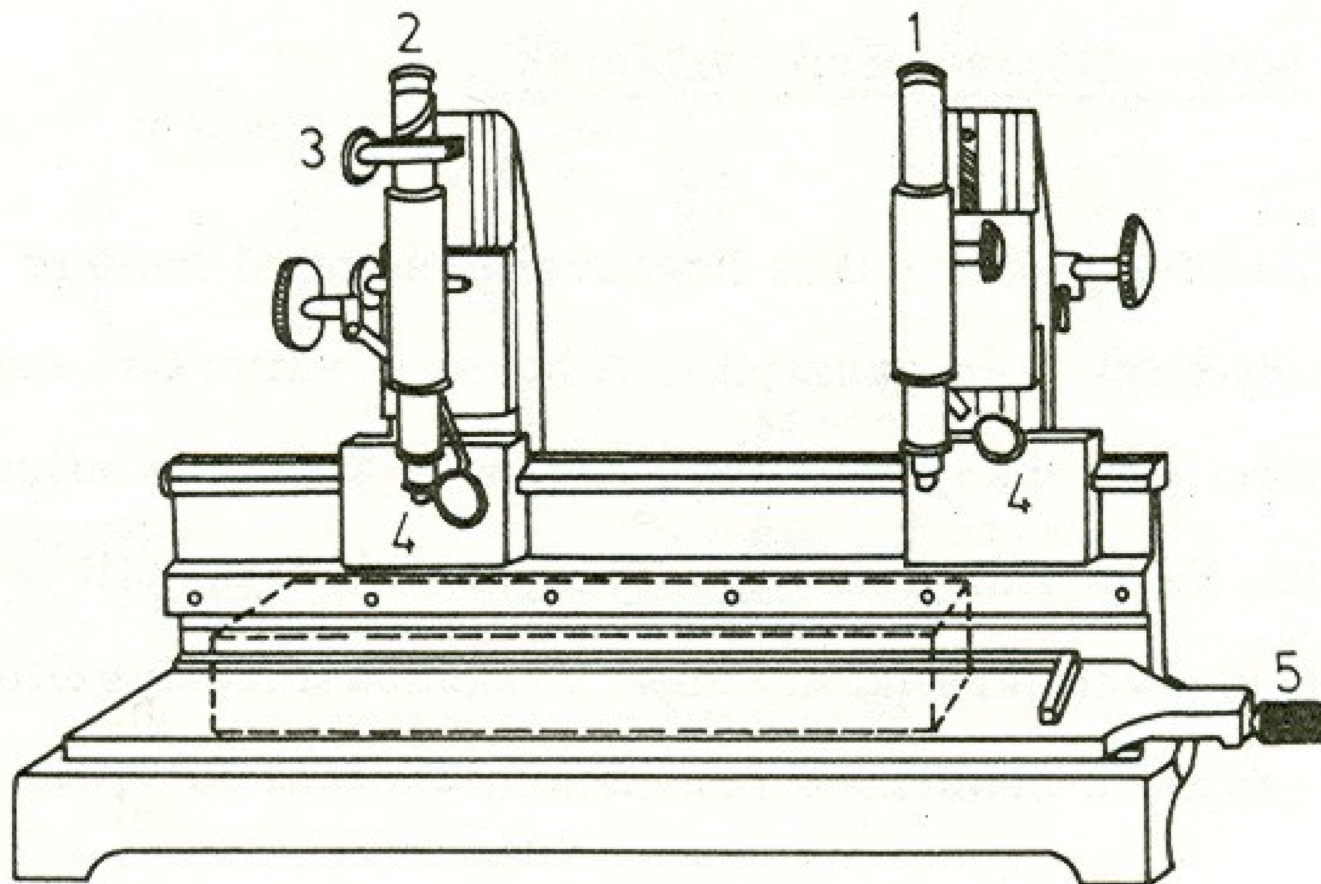


Amsler-Wetzlar-féle zsugorodás mérő készülék

100×100×515 mm méretű betonhasáb *Amsler-Wetzlar*-féle Zsugorodás mérő készülékhez



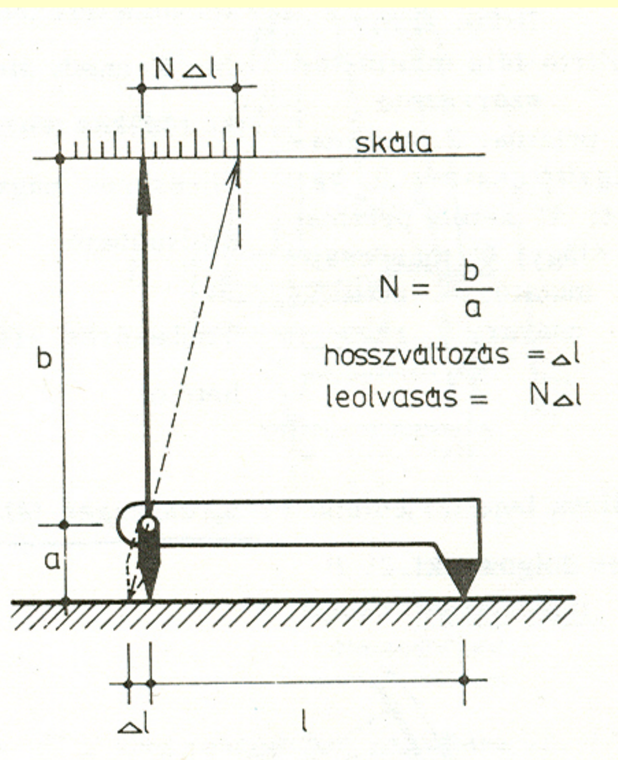
$$\varepsilon^{‰} = \frac{L_0 - L_t}{515} \cdot 1000$$



II/34. ábra

Leitz féle betonkomparátor

1. célzó mikroszkóp; 2. mérőmikroszkóp;3.okulár-mikrométer állitócsavarja; 4. fényvezető-tükrök; 5. próbatest beállitó szán csavarja



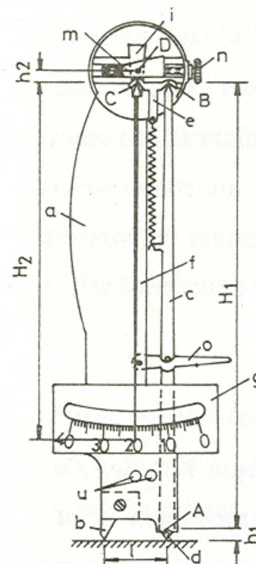
Huggenberger tenzométer

Forrás: *Weiss György*: Építőipari Laboratóriumi Méréstechnika és Műszerismeret. I. kötet. ÉMI 22. számú kiadványa. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974.

***Dr. Weiss György* (szül.: 1904) okl. építőmérnök az ÉMI kutatója volt.**

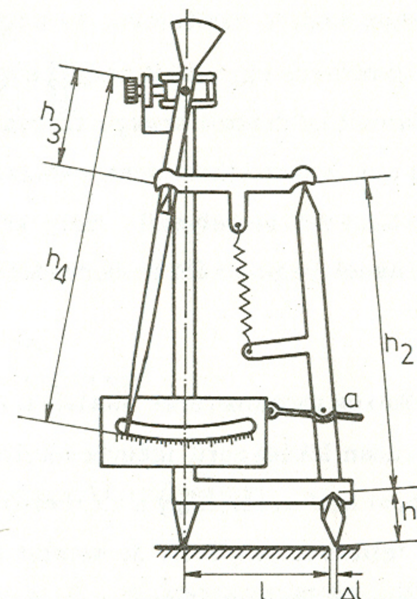
$$N = \frac{h_2 \; h_4}{h_1 \; h_3}$$

Mutatóval ellátott műszerek



II/23. ábra
"A" tipusu Huggenberger tenzométer

a) müszerváza, fix; b) mérőcsuccsal; c) fő mérőkar d) kettősélü ékkel A-nál ágyazva; e) közvetitő kengyel; f) mutatókar; i) ellensullyal, az m) szárban D-nél ágyazva; g) tükörskála; n) mutatóbeállitócsavar; o) arketálókar



II/22. ábra
"B" tipus Huggenberger tenzometer

Az "A" és "B" tipusu tenzométer nagyitása kb. 1200-szoros. A müszer bázisa (l) 20 mm, de megfelelő toldatokkal 500 mm-ig különböző méretre növelhető és 10 mm-re csökkenthető. A 40 mm hosszu skála mérési tartománya:

$$\Delta l = \frac{40 \text{ mm}}{1200} = 0{,}033 \text{ mm} = 33{,}3 \ \mu\text{m}.$$

Huggenberger Tenso Strai... × +

www.ebay.com/itm/Huggenberger-Tenso-Strain-Gauges-/191692280822?hash=item2ca1c013f6#viTabs_0

Keresés

Hi! Sign in or register | Daily Deals | Gift Cards | Sell | Help & Contact END OF SEASON SALE >



Shop by category

Search...

All Ca

< Back to Store | Listed in category: Business, Office & Industrial > Industrial Tools > Engineering Tools



Mouse over image to zoom



Huggenberger Tenso Strain Gauges

Item condition: **Used**

"*The gauges are in 'fair' condition with the indicators made from a soft metal that is prone to*" ... Read more

Time left: 19d 11h 10/16, 7:52AM

Price: **GBP 110.00**
Approximately 46,959.63 HUF

Buy It Now

Add to watch list

Add to collection

Zero
Customs charges

Longtime
Member

Shipping: **Does not ship to Hungary** | See details
Item location: Guildford, United Kingdom
Ships to: Asia, United States, European Union, Canada See exclusions

Delivery: Varies

Payments: PayPal | VISA MasterCard American Express Discover
Processed by PayPal

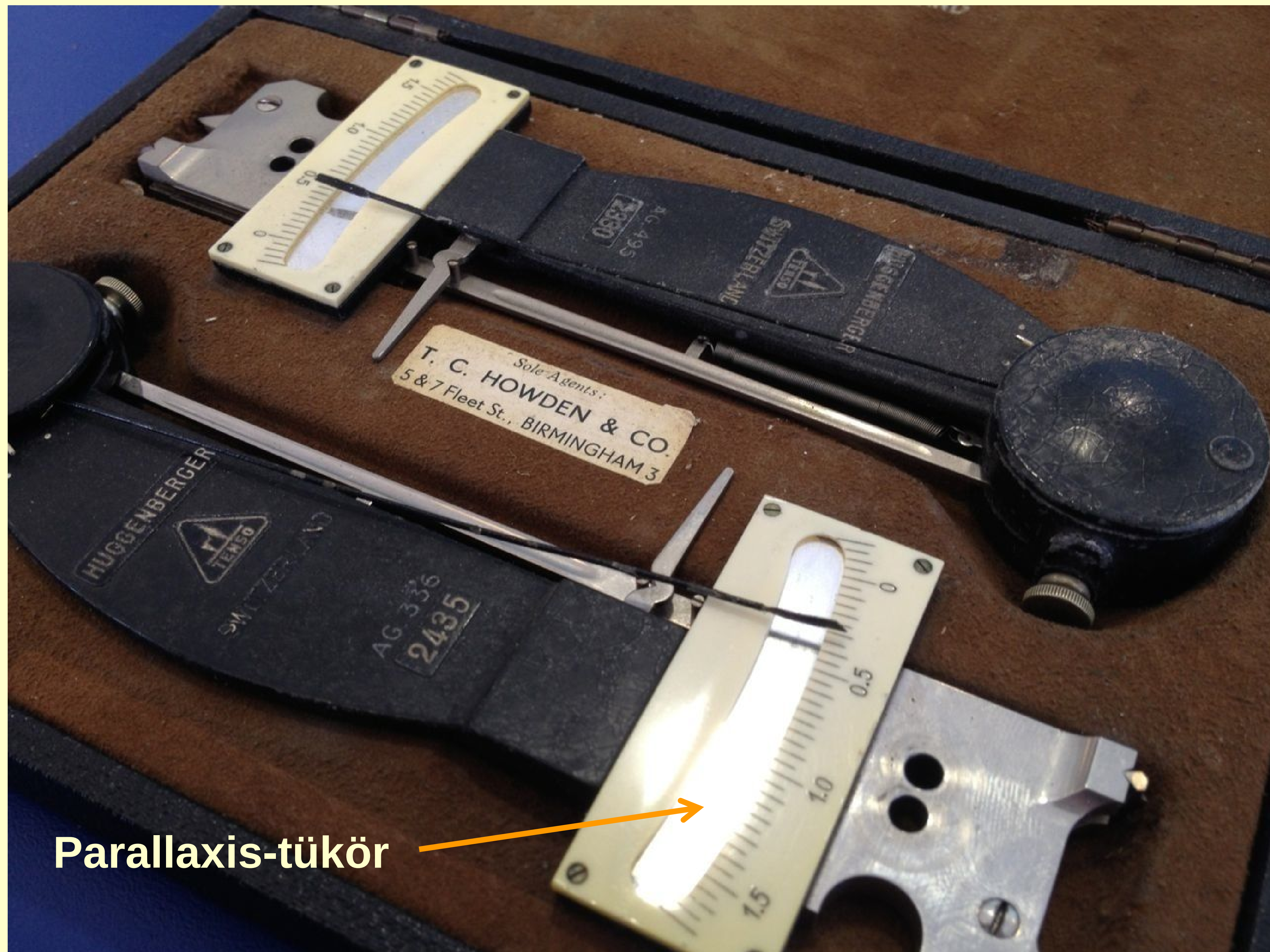
Returns: 14 days, buyer pays return shipping | See details

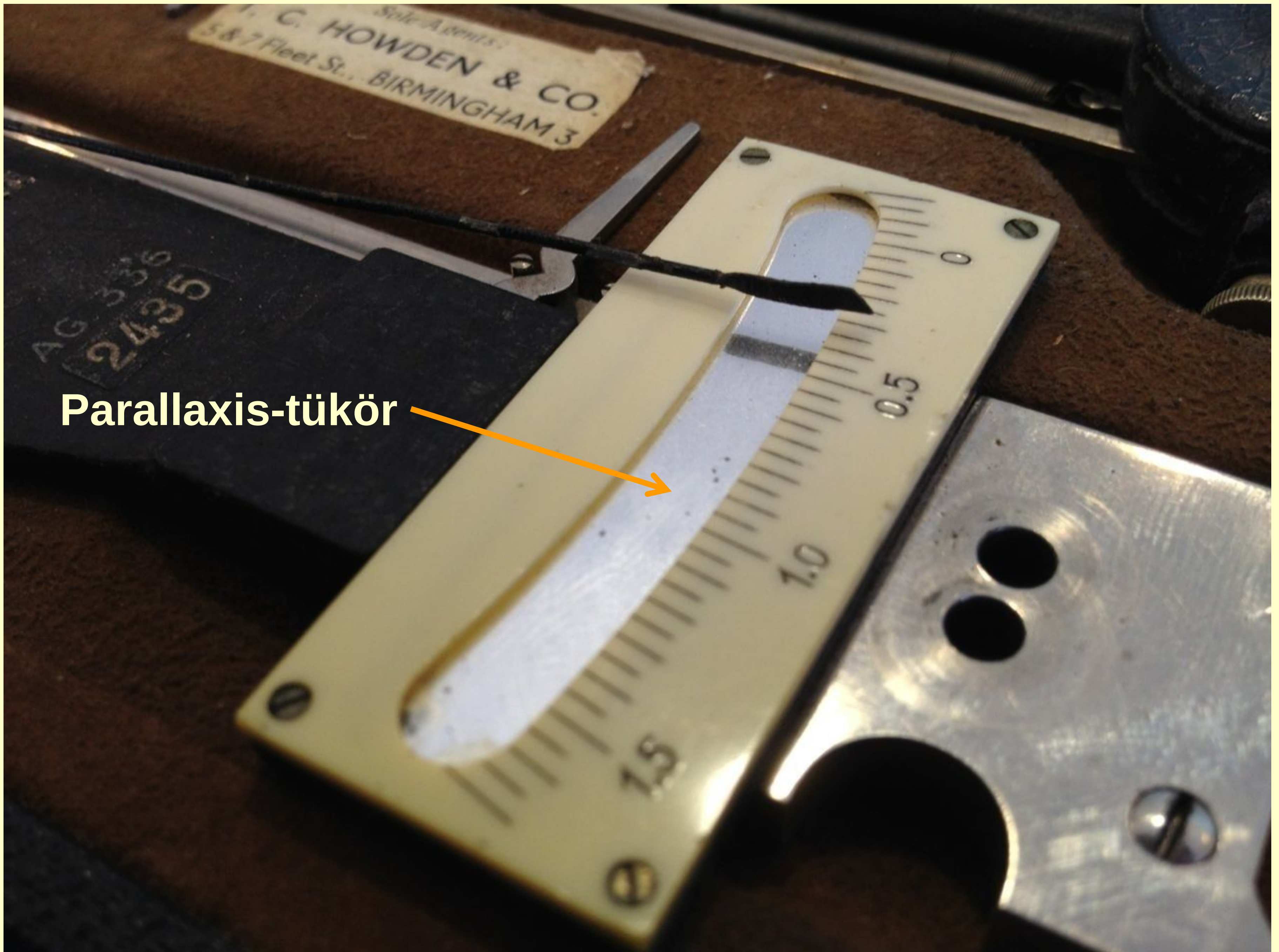
Guarantee: ebay MONEY BACK GUARANTEE | See details
Get the item you ordered or get your money back.
Covers your purchase price and original shipping.



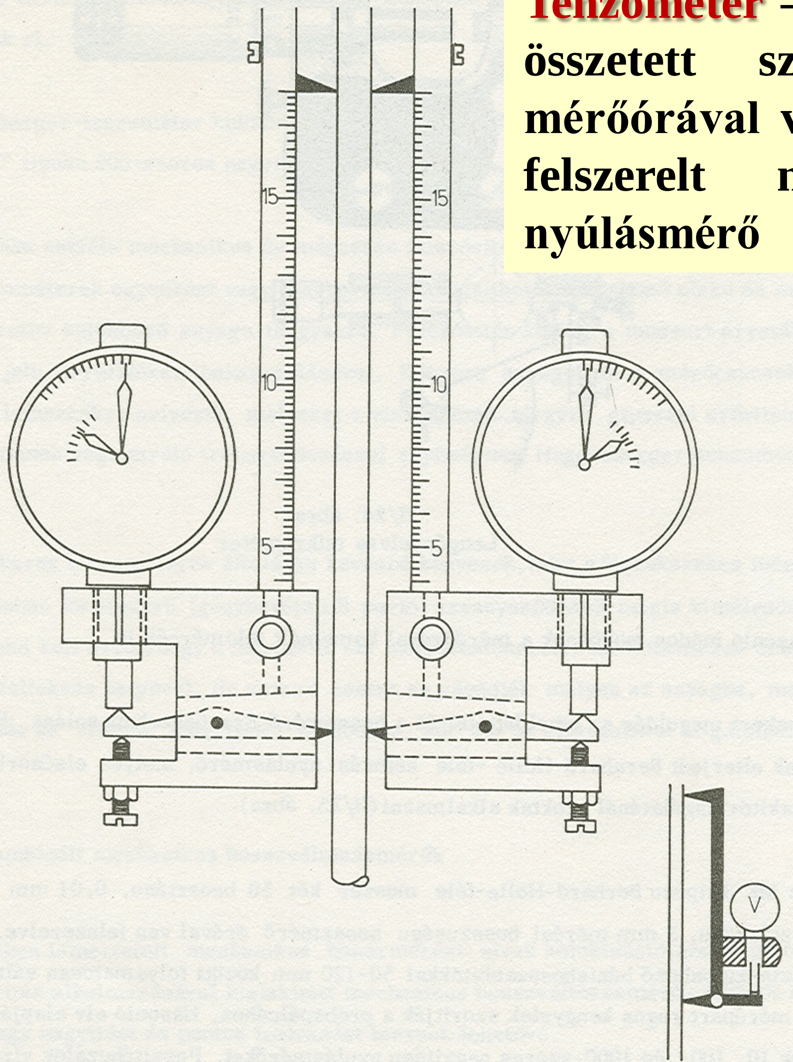
Huggenberger
svájci mérnök által
1900-ban alapított gyár
Huggenberger AG.
néven ma is működik.




Sole Agents:
T. C. HOWDEN & CO.
5 & 7 Fleet St., BIRMINGHAM 3
HUGGENBERGER
TENSO
SWITZERLAND
AG 336
2435
0
0.5
1.0
1.5
Parallaxis-tükör


C. HOWDEN & CO.
5 & 7 Fleet St., BIRMINGHAM 3
AG 336
2435
0
0.5
1.0
1.5
Parallaxis-tükör


Sole Agents:
T. C. HOWDEN & CO.
5 & 7 Fleet St., BIRMINGHAM 3
HUGGENBERGER
TENSO
SWITZERLAND
AG 336
2435



II/25. ábra
Kétórás nyulásmérő

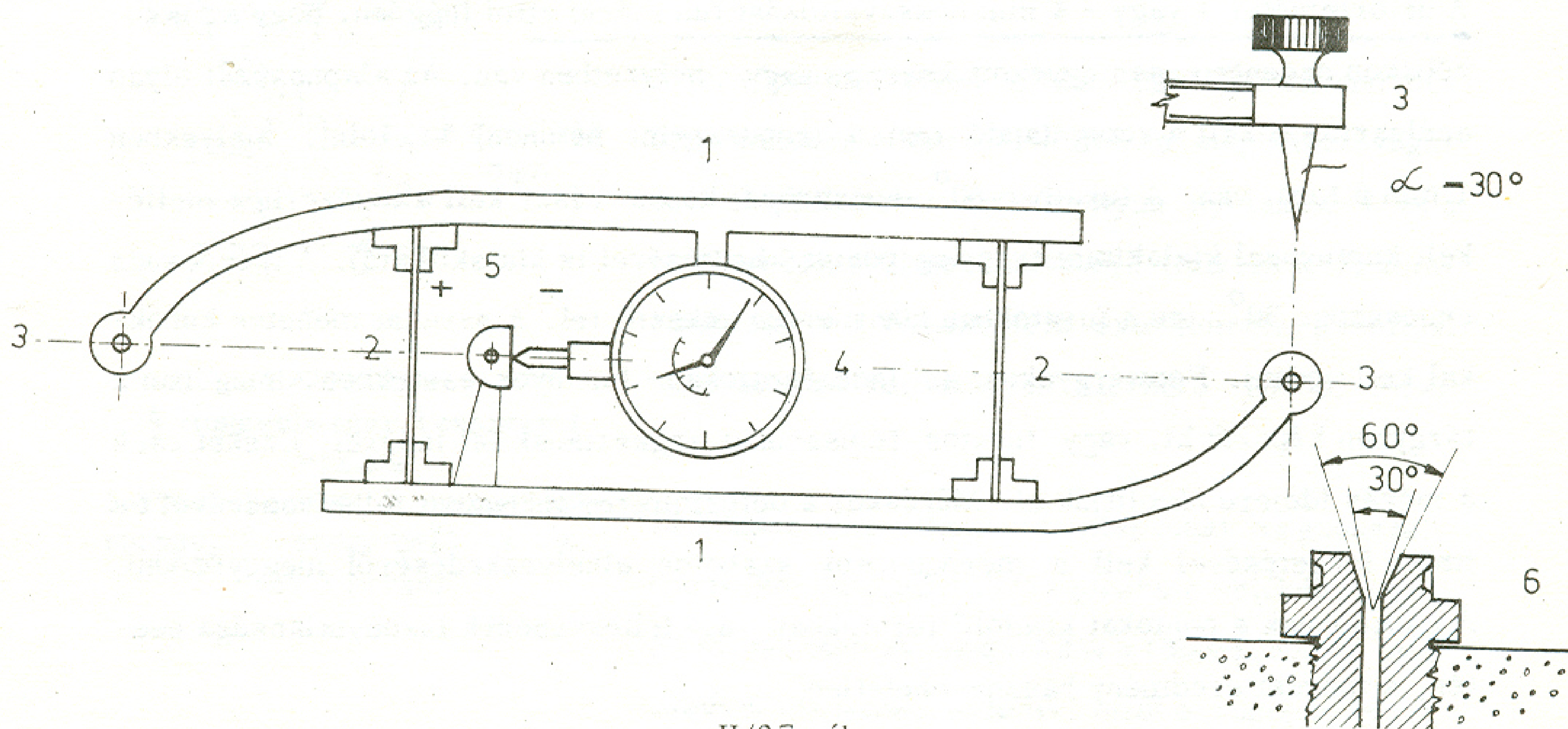
Tenzométer = (latin + görög összetett szó), jelentése: mérőórával vagy mutatóval felszerelt nagypontosságú nyúlásmérő

Nem spontán alakváltozás!

…hőmérséklet-változás hatására

Spontán alakváltozás!

Acél próbatest nyúlásának mérése húzóerő hatására tenzométerrel σ–ε diagram felvételéhez



II/27. ábra

Huggenberger-féle deformméter vázlata

1. invár-rud; 2. acél lemezrugó; 3. mérőcsucs; 4. indikátor óra; 5. ütközőbak excentrikusan ágyazott ütközővel; 6. saru



HUGGENBERGER AG
TENSO · SWITZERLAND · SINCE 1900

DEFORMETER DUII / EDUII

ANWENDUNG

Das Deformeter ist ein Präzisions-Dehnungsmess-gerät für den Maschinen-, Tief- und Hochbau, sowie für geophysikalische Anwendungen.

Das Deformeter dient zur statischen Messung von Dehnungen, Verschiebungen und Änderungen von Rissweiten.

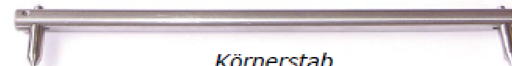




Deformeter EDU



Invarprüfstab



Körnerstab



Ersatzkörnerspitzen

TECHNISCHE DATEN

Typ	DUII250/10	DUII500/10	EDUII250/10	EDUII500/10
Messbasis*	250mm	500mm	250mm	500mm
Ablesung	Analog (mechanische Messuhr)		Digital (digitale Messuhr)	
Messbereich	10mm (+/-5mm)			
Auflösung	0.01mm		0.001mm	
Genauigkeit	0.03mm	0.04mm	0.005mm	

Huggenberger Deformmeter Forrás: http://www.huggenberger.com/fileadmin/user_upload/pdf_DE/Huggenberger_DU-EDU_de.pdf



Huggenberger **–féle deformméter**

Az ELE International (Egyesült Királyság, Bedfordshire) gyártmánya

Demec **készülék**

L_0 = 200,66 mm

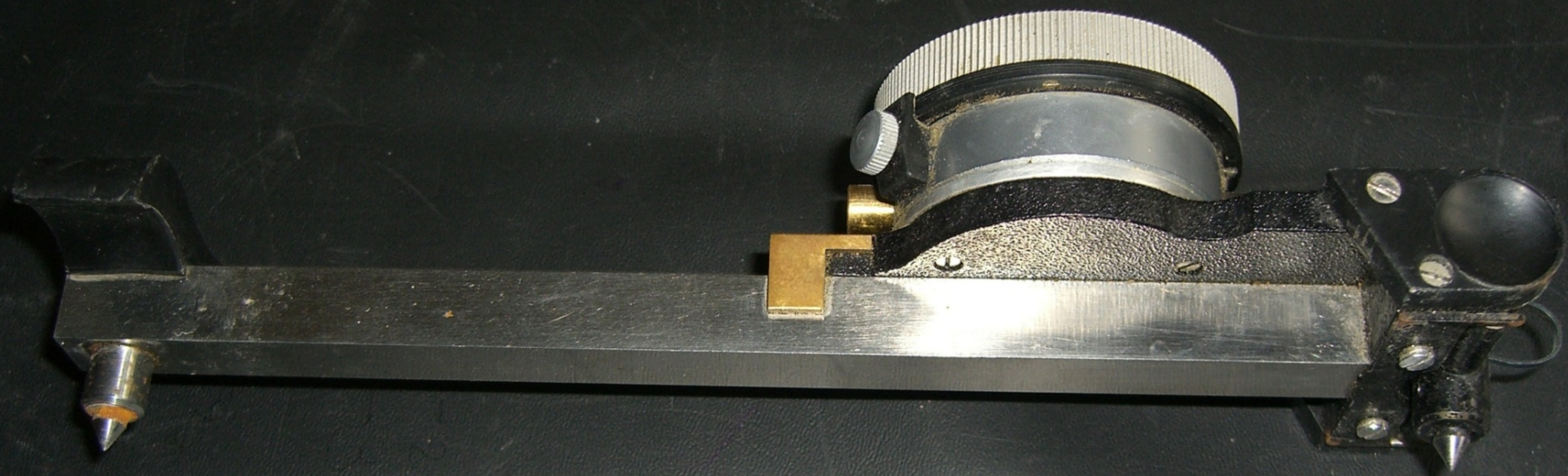


DEMEC = Demountable Mechanical Strain Gauge =
= Hordozható mechanikus *tenzométer*
A DEMEC készüléket a BCCA - British Cement and Concrete Association fejlesztette ki.

2007/9/7 12:11

Demec **készülék**

L_0 = 200,66 mm




Demec **készülék**
L_0 = 200,66 mm
2007/9/7 12:16



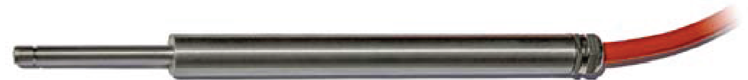
Demec készülék
L_0 = 200,66 mm


Demec készülék
L_0 = 200,66 mm
2007/9/7 12:09



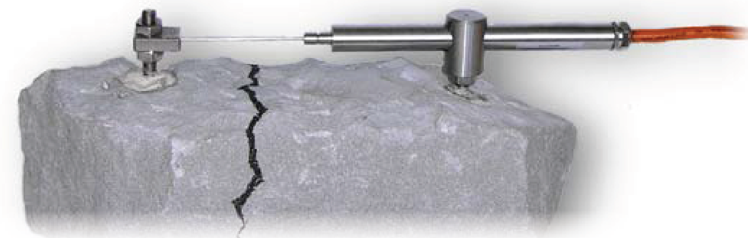
TELETENSOMETER TTP

Anwendung
Teletensometer TTP dienen zur Messung von Fugen-, Riss- und Felsbewegungen sowie Stangen-Extensometer-Bewegungen oder um lineare Verschiebungen in Erddämmen, an Hängen, Felsen oder an Druckleitungen etc. zu messen.


Typ TTP50…

Beschreibung
Das Teletensometer **TTP50** ist ein elektrischer Weggeber mit 50 mm Messweg. Je nach Applikation ist verschiedenes Zubehör wie Befestigungen, Biegeelemente usw. erhältlich.

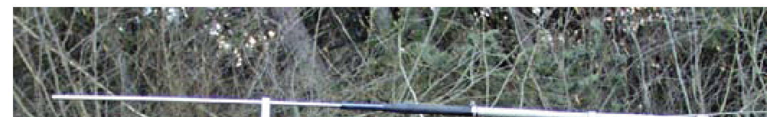
Variante: TTP50F mit vorgespanntem Federtaster.


… zur Messung von Fugen-, Riss- oder Felsbewegungen sowie Stangen-Extensometer-Bewegungen



Typ TTP300…

Das Teletensometer **TTP300** besteht aus einem elektrischen Weggeber mit 300 mm Messweg (eingebaut in einem robusten, wasserdichten Gehäuse), sowie Verlängerungsstan-



TELEJOINTMETER TJM

Anwendung

Das Telejointmeter TJM ist ein Messsystem mit elektrischen Weggebern zur Überwachung der Bewegung von Fugen und Rissen in Fels, Beton, Mauerwerk und an Stahlbauten. Die Bewegungen können je nach Typ des Telejointmeters in 1 bis 3 Dimensionen gemessen werden.

Beschreibung

Das Telejointmeter besteht aus einem Fixpunkt und einer Halterung, an welcher der Weggeber befestigt ist. Die Halterung und der Fixpunkt werden je auf einer Seite der zu messenden Fuge mittels einer temporären Setzlehre einzementiert.
Die Bewegungen können mit einem portablen Messgerät Indipoc oder einem automatischen Datenerfassungssystem Huggenberger Tensologger TL gemessen werden.

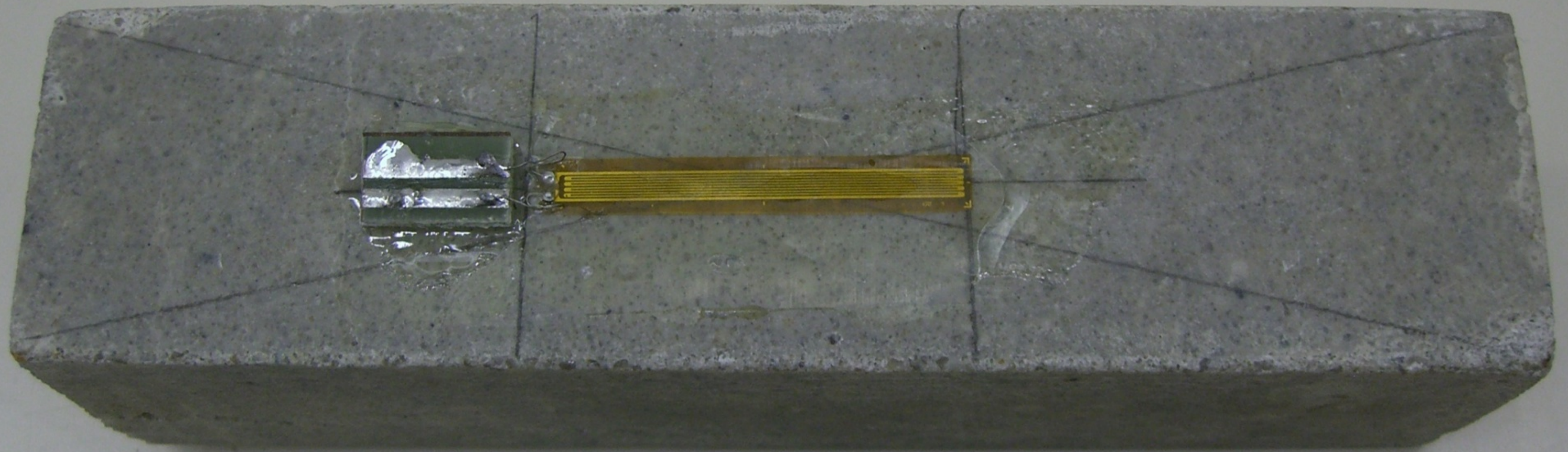


Typ TJM1DS für die 1-dimensionale Überwachung von Fugen und Rissen



Typ TJM3DS für die 3-dimensionale Überwachung von Fugen und Rissen

Nyúlásmérő bélyeg



2007/9/11 17:02

ZSUGORODÁS

A szilárduló beton a hidratáció, a száradás és egyéb belső átalakulások hatására zsugorodik. Ha a zsugorodás ébresztette húzófeszültség eléri a kötés és szilárdulás folyamatában lévő beton húzószilárdságát, akkor a beton megreped.

A zsugorodás fajtái a következők:

Korai vagy kapilláris vagy képlékeny zsugorodás a beton friss, képlékeny állapotában lép fel, és létrehozza a kapillárisokat. A bedolgozott friss beton az első rövid idő alatt általában duzzad, de amikor a felületéről a vízfilm eltűnik, elkezd zsugorodni. A korai zsugorodás gyors, rövid folyamat, a kötési idő végén (ez általában nem több, mint 8 óra) véget ér. A keletkező repedések felületi hajszálrepedések, tágasságuk 1 - 2 mm-t is elérhet, kedvezőtlen klimatikus viszonyok közepette összértékük 4 mm/m is lehet, de mélységük csekély, a megszikkadó felületi zónára korlátozódik. (A felület közeli tartományban húzások lépnek fel, míg a keresztmetszet belseje nyomás alatt áll.)

<u>Száradási zsugorodás</u> a kötés végén, a szilárdulás kezdetén indul, és egy évig is eltarthat, tehát egy lassú folyamat, amely végértékhez tart. Ezalatt a cementkő pórusai kiszáradnak, a teljesen kiszáradt beton nem zsugorodik tovább.

MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány 3.2. táblázata: A gátolatlan száradási zsugorodás $\varepsilon_{cd,0}$ [‰] értékei N osztályú cementtel készült betonok esetén

$f_{ck}/f_{ck,cube}$ [MPa]	Relatív páratartalom [%]					
	20	40	60	80	90	100
20/25	0,62	0,58	0,49	0,30	0,17	0,00
40/50	0,48	0,46	0,38	0,24	0,13	0,00
60/75	0,38	0,36	0,30	0,19	0,10	0,00
80/95	0,30	0,28	0,24	0,15	0,08	0,00
90/105	0,27	0,25	0,21	0,13	0,07	0,00

Autogén zsugorodásról a kis víz-cement tényezőjű ($x \leq 0,4$) betonok (ezek általában nagyszilárdságú, nagyteljesítő-képességű betonok) esetén beszélünk. Mértéke különösen $x = 0,3$ körül és jelentős finomrész-tartalom (pl. szilikapor) esetén lehet igen jelentős.

Az autogén zsugorodás a korai zsugorodás idején kezdődik, és átnyúlik a száradási zsugorodás periódusába is.

A hidratáció alatt a fiatal betonban lévő cement annyi vizet elvon a pórusszerkezetből, hogy a beton 70-90 % relatív nedvességtartalom esetén hamar tömegállandósági állapotba kerül. A kis víz-cement tényezőjű beton olyan kevés vízzel készül, hogy a hidratáció folytán erős belső kiszáradás megy végbe, amely számottevő zsugorodással jár.

Az autogén zsugorodás független a szerkezeti elem geometriájától, és a hidratációval, ill. a beton szilárdságával áll lineáris kapcsolatban.

Az $x = 0,5$ vagy ennél nagyobb víz-cement tényezőjű betonok autogén zsugorodása a száradási zsugorodáshoz képest elhanyagolható.

Kémiai zsugorodás azért lép fel, mert a hidratációs termékek (cementkő) térfogata kisebb, mint a kiindulási cementpép (cement + keverővíz) térfogata. A hidratáció folyamán tehát térfogatcsökkenés lép fel, mert a vízmolekulák beépülnek a hidratációs termékbe, azaz a cement a keverővíz egy részét kémiailag megköti (kb. a cement-tartalom 25 tömeg%-át). A víz másik részéből pórusvíz képződik (ez folyékony halmazállapotú), harmadik része pedig elpárolog.

Karbonátosodási zsugorodás évekig tartó folyamat. A beton karbonátosodása során olyan ásványok (kalcium-karbonát) keletkeznek, amelyek térfogata kisebb, mint a nem karbonátosodott betoné. A karbonátosodás alatt korábban kötött víz is felszabadul, amelynek elpárolgása a száradási zsugorodást növeli.

A karbonátosodási zsugorodás tehát kémiai és fizikai folyamat eredménye.

A zsugorodást befolyásoló tényezők:

- az utókezelés;
- a környezet relatív páratartalma;
- a környezeti hőmérséklet;
- víz-cement tényező;
- a cementtartalom és a cement őrlésfinomsága;
- a finomrész-tartalom és őrlésfinomsága;
- a hidratáció foka;
- a beton kora a száradás kezdetének időpontjához képest;
- az építőelem geometriája.

Felhasznált irodalom:

Sárosi Márton: Analyse der Materialeigenschaften der Beton-mischung einer Großvolumigen Bodenplatte, inbesondere ihrer Rissneigung. Diplomamunka. BME 2007.

Repedések fajtái

Zsugorodási repedések
Hőmozgásból eredő repedések
Süllyedésből származó repedések
Terhelésekből adódó repedések

Repedések formája

Nyugvó repedések – Terjedő repedések
Átmenő repedések – Egyoldali (felületi) repedések
Hossz-, keresztirányú, vízszintes, függőleges repedés
Egyes, párhuzamos futású, hálószerű repedések

Repedés tágasság

Hajszálrepedés: ≤ 0,1 mm
Finomrepedés: 0,1 – 0,3 mm
Közepes tágasságú repedés: 0,3 – 0,5 mm
Nagytágasságú repedés: 0,5 – 1 mm
Széles repedés: > 1 mm

MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2 szabvány 7.1.N táblázata:
A w_k számított repedéstágasság w_{kmax} [mm] határértékei

Környezeti osztály	Vasbeton és tapadásmentes feszítőbetéteket tartalmazó feszített vasbeton szerkezeti elemek	Tapadásos feszítőbetéteket tartalmazó feszített vasbeton szerkezeti elemek
	Kvázi-állandó hatáskombináció	Gyakori hatáskombináció
X0, XC1	0,4[1]	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2[2]
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		dekompresszió

1. MEGJEGYZÉS: X0 és XC1 környezeti osztályok esetén a repedéstágasság nem befolyásolja a tartósságot, ezért ez a határérték általában elfogadható megjelenést eredményez. A megjelenésre vonatkozó feltételek hiányában ez a korlát enyhíthető.

2. MEGJEGYZÉS: E környezeti osztályok esetén kiegészítésként általában a dekompressziós állapot meglétét is ellenőrizni kell a terhek kváziállandó kombinációjának a hatására.

A dekompressziós feltétel azt jelenti, hogy a tapadásos feszítőbetétek vagy azok kábelcsatornáinak teljes egésze legalább 25 mm mélységben nyomott betonba vannak ágyazva.

Zsugorodási repedések

Két végén befogott acélpálca kihajlása hőmérséklet-emelkedés hatására

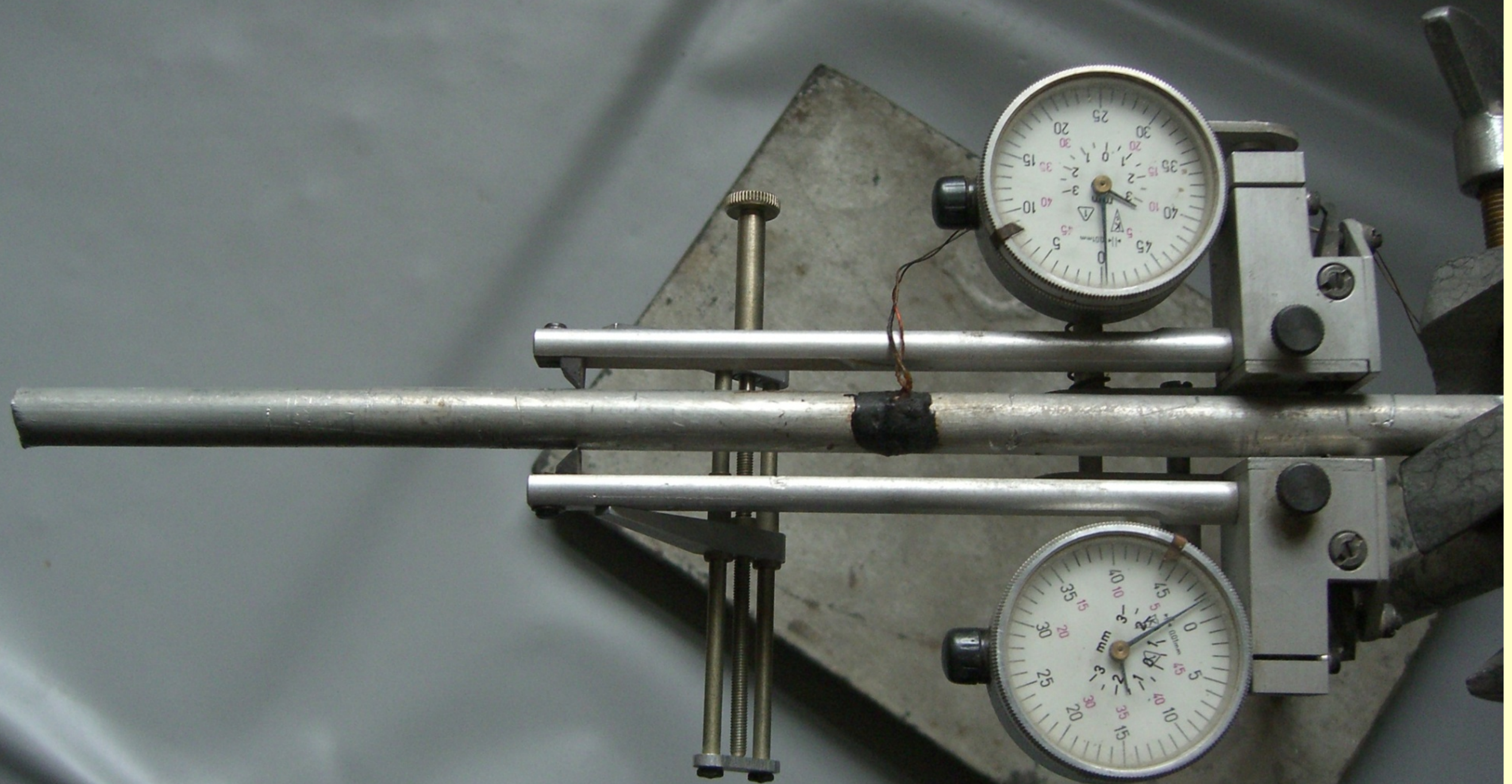


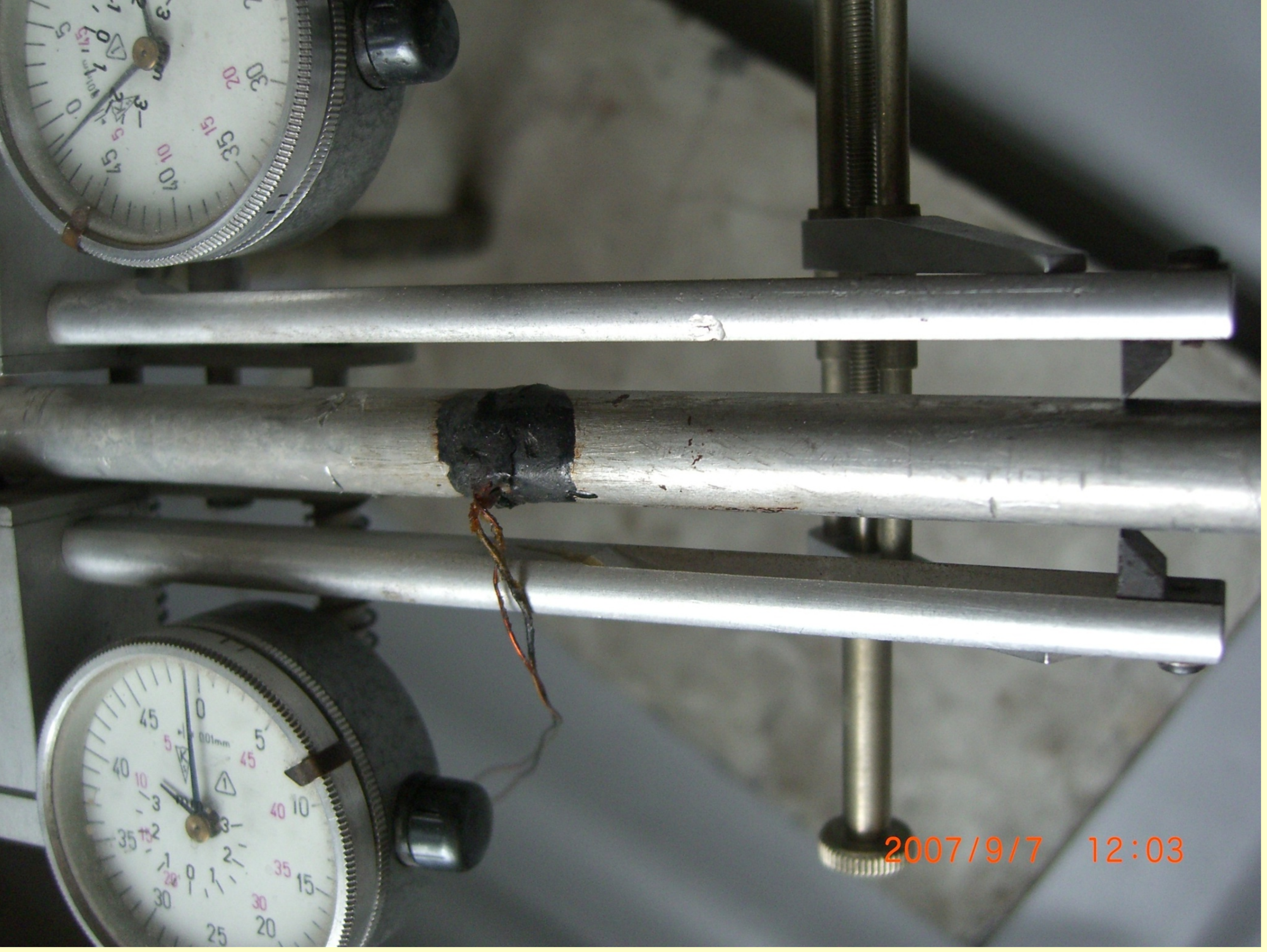
Két végén befogott acélpálca kihajlása hőmérséklet-emelkedés hatására
(*Dr. Simon K. Tamás* tanár úr kísérlete)

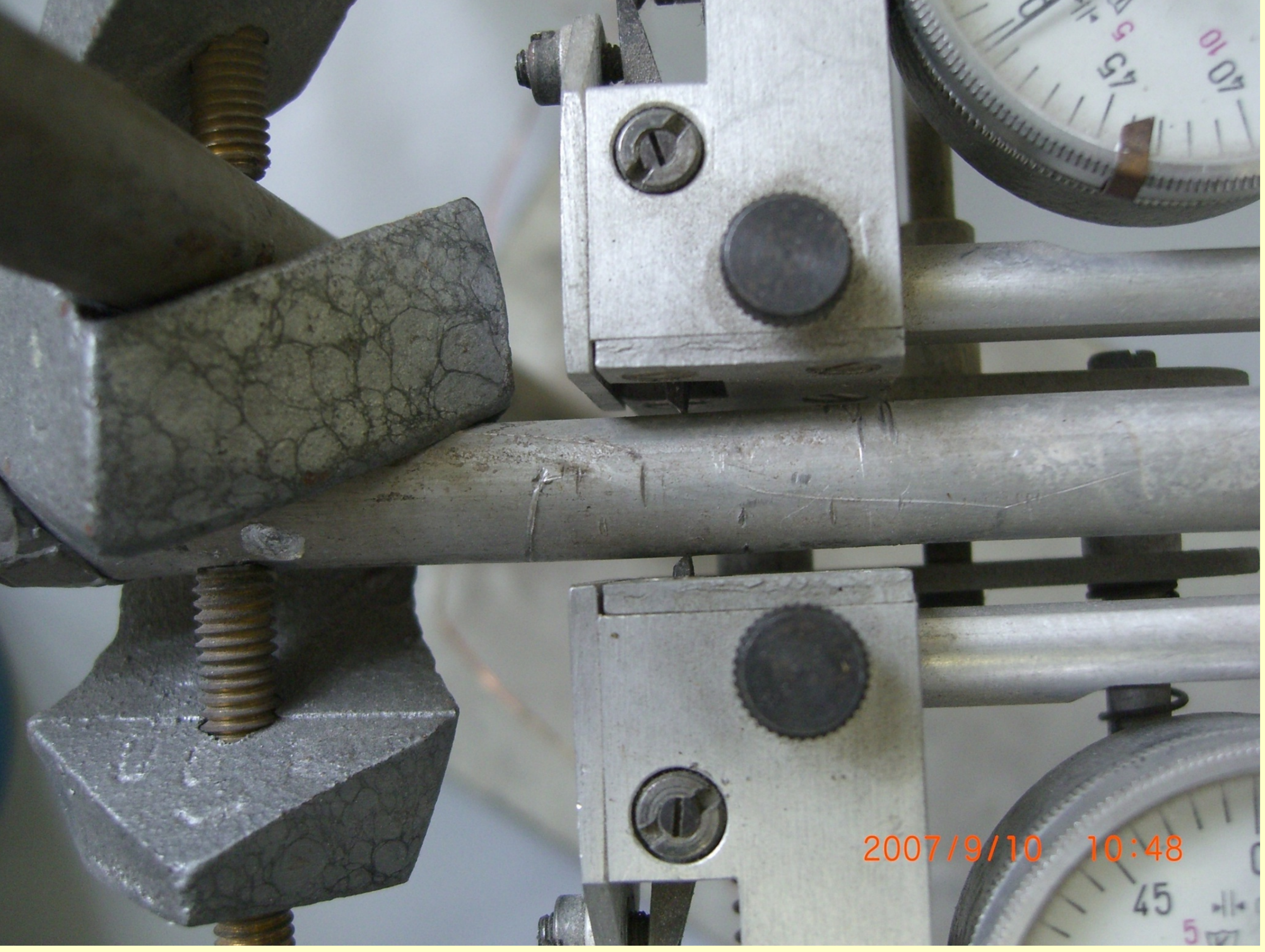


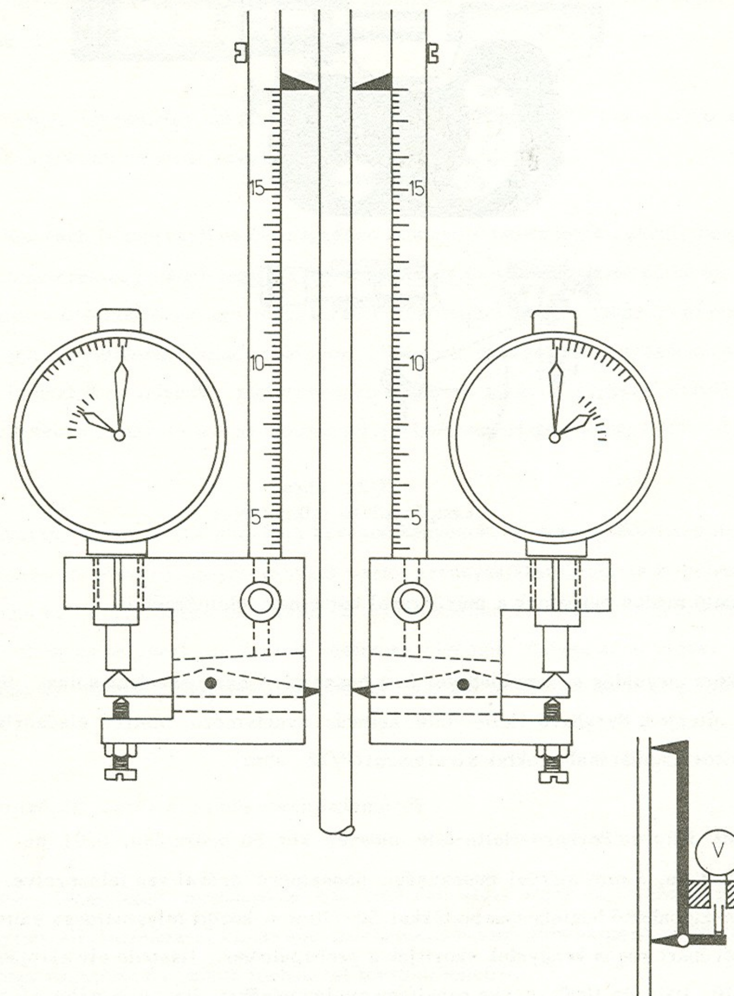
Alumíniumrúd lineáris hőtágulásnak meghatározása

http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/hotagulas.pdf




2007/9/7 12:03


2007/9/10 10:48



II/25. ábra
Kétórás nyulásmérő

A hazai gyártású Huszár-féle (MMG) emelőáttételes indikátorórás nyulásmérő II/26. ábra) cserélhető közdarabokkal különböző (10) 25, 50, és 100 mm alaphosszal, cserélhető indikátorórákkal és változtatható 1/4 és 1/5-ös karáttétellel rendelkezik.

Az általunk használt nyúlásmérő mérési alaphossza: 120 mm

A 10 mm átmérőjű alumínium rúd hőtágulásának mérése L=120 mm alaphosszon, indikátor órák és termoelem alkalmazásával

Idő perc	Indikátor óra leolvasás, mm bal	jobb	Δl, átlag	ε ‰	Hőmérséklet növekedés, °C
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0
0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	1
1,0	0,020	0,010	0,015	0,125	9
1,5	0,070	0,025	0,048	0,396	23
2,0	0,110	0,065	0,088	0,729	42
2,5	0,155	0,103	0,129	1,075	58
3,0	0,190	0,130	0,160	1,333	73
3,5	0,215	0,160	0,188	1,563	84
4,0	0,245	0,190	0,218	1,813	97
4,5	0,275	0,215	0,245	2,042	108
5,0	0,295	0,235	0,265	2,208	117
5,5	0,310	0,250	0,280	2,333	124
6,0	0,320	0,260	0,290	2,417	131

Lineáris hőtágulás:

$$\Delta l = \alpha * L * \Delta T$$

$$\frac{\Delta l}{L} = \varepsilon = \frac{\varepsilon^{‰}}{1000} = \alpha * \Delta T$$

Lineáris hőtágulási együttható, 1/°C:

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{\Delta T} = \frac{\varepsilon^{‰}}{1000 * \Delta T}$$

$$\alpha = \frac{0{,}019}{1000} = 0{,}000019 = = 19{,}0 * 10^{-6}$$

Idő perc	ε ‰
0,0	0,000
0,5	0,000
1,0	0,125
1,5	0,396
2,0	0,729
2,5	1,075
3,0	1,333
3,5	1,563
4,0	1,813
4,5	2,042
5,0	2,208
5,5	2,333
6,0	2,417

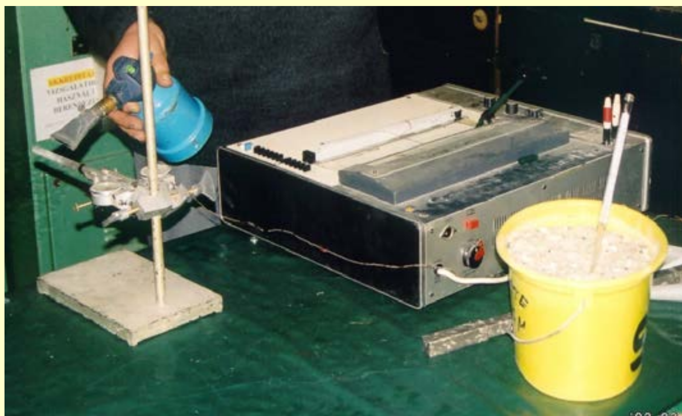
Idő perc	Hőmérséklet növekedés, °C
0,0	0
0,5	1
1,0	9
1,5	23
2,0	42
2,5	58
3,0	73
3,5	84
4,0	97
4,5	108
5,0	117
5,5	124
6,0	131

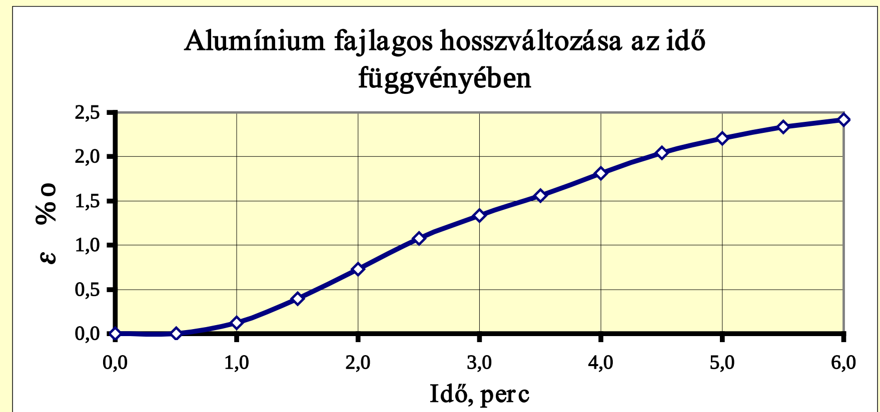
Hőmérséklet növekedés, °C	ε ‰
0	0,000
1	0,000
9	0,125
23	0,396
42	0,729
58	1,075
73	1,333
84	1,563
97	1,813
108	2,042
117	2,208
124	2,333
131	2,417

Néhány anyag lineáris hőtágulási együtthatója az irodalom [Palotás L.: Mérnöki szerkezetek anyagtana. 1.] szerint:

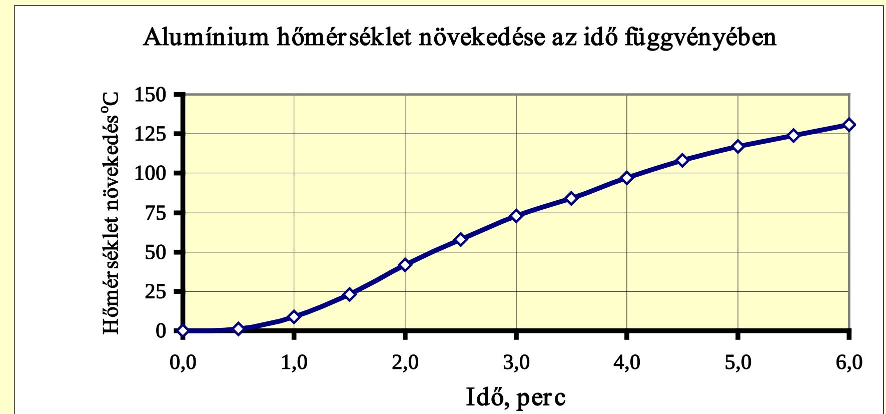
Anyag	α [1/°C]
Acél	*$11{,}9*10^{-6}$*
Alumínium	**$23{,}9*10^{-6}$**
Bazalt	$8{,}0*10^{-6}$
Beton	*$12{,}0*10^{-6}$*
Cementkő	$18{,}5*10^{-6}$
Cink	$30{,}0*10^{-6}$
Gránit	$8{,}0*10^{-6}$
Gipsz	$25{,}0*10^{-6}$
Gipszhabarcs	$14{,}0*10^{-6}$
Gyémánt	$1{,}3*10^{-6}$
Jég	$52{,}5*10^{-6}$
Kvarc	$11{,}0*10^{-6}$
Márvány	$5{,}0*10^{-6}$
Mészkő	$6{,}9*10^{-6}$
Réz	$16{,}8*10^{-6}$
Szilícium	$7{,}0*10^{-6}$
Tégla	$9{,}0*10^{-6}$
Üveg	$5{,}0*10^{-6}$
Víz	$60{,}0*10^{-6}$

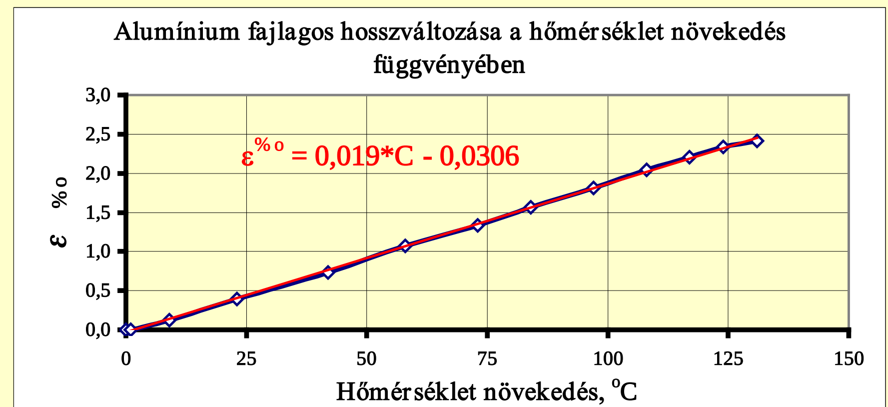
Többek között azért lehet vasbetont készíteni, mert az acél és a beton hőtágulási együtthatója közel egyforma érték.




Alumínium fajlagos hosszváltozása az idő függvényében
ε %o
Idő, perc
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
4,0
5,0
6,0


AKKREDITÁL
VIZSGÁLATI
HASZNÁLT
BERENDEZ


Alumínium hőmérséklet növekedése az idő függvényében
Hőmérséklet növekedés °C
Idő, perc
0
25
50
75
100
125
150
0,0
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
6,0


Alumínium fajlagos hosszváltozása a hőmérséklet növekedés függvényében
ε %o
ε%o = 0,019*C - 0,0306
Hőmérséklet növekedés, °C
0,0
0,5
1,0
1,5
2,0
2,5
3,0
0
25
50
75
100
125
150

A beton kúszása és ernyedése

A kúszás és ernyedés reológiai fogalmak. A reológia görög eredetű szó, és ebben az értelmezésben az anyagoknak az idő folyamán lejátszódó változásait vizsgáló műszaki tudományág megnevezése.

A kúszás állandó hőmérsékleten, a tartós (időben változatlan) terhelőerő hatására fellépő, időben változó alakváltozás, amely kezdetben gyorsabban, később lassabban nő, míg évek múlva aszimptotához tart.

A kúszás ($\varepsilon_{kúszás}$) a terhelés okozta pillanatnyi alakváltozással (ε_0) és a zsugorodással (ε_{zs}) együtt a *tartós alakváltozást* (ε_t) teszi ki:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0 + \varepsilon_{zs} + \varepsilon_{kúszás} = \varepsilon_0 + \varepsilon_{lassú} \quad \text{és} \quad \varepsilon_{kúszás} = \varepsilon_t - \varepsilon_0 - \varepsilon_{zs}$$

A beton *lassú alakváltozása* ($\varepsilon_{lassú}$) a beton *zsugorodásának* és *kúszásának* együttes jelensége *dr. Palotás László* professzor (1905-1993) terminológiája szerint:

$$\varepsilon_{lassú} = \varepsilon_{zs} + \varepsilon_{kúszás}$$

A következő ábrán a kúszás folyamata látható az idő függvényében. Ha a megterhelt betont bizonyos idő elteltével tehermentesítjük, akkor az nem nyeri vissza eredeti alakját, mert a tartós alakváltozás (ε_t) egy része maradó alakváltozás ($\varepsilon_{t,m}$), amely a zsugorodásból (ε_{zs}), a terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás (ε_0) maradó részéből ($\varepsilon_{0,m}$) és a kúszás maradó alakváltozásából ($\varepsilon_{kúszás,m}$) tevődik össze:

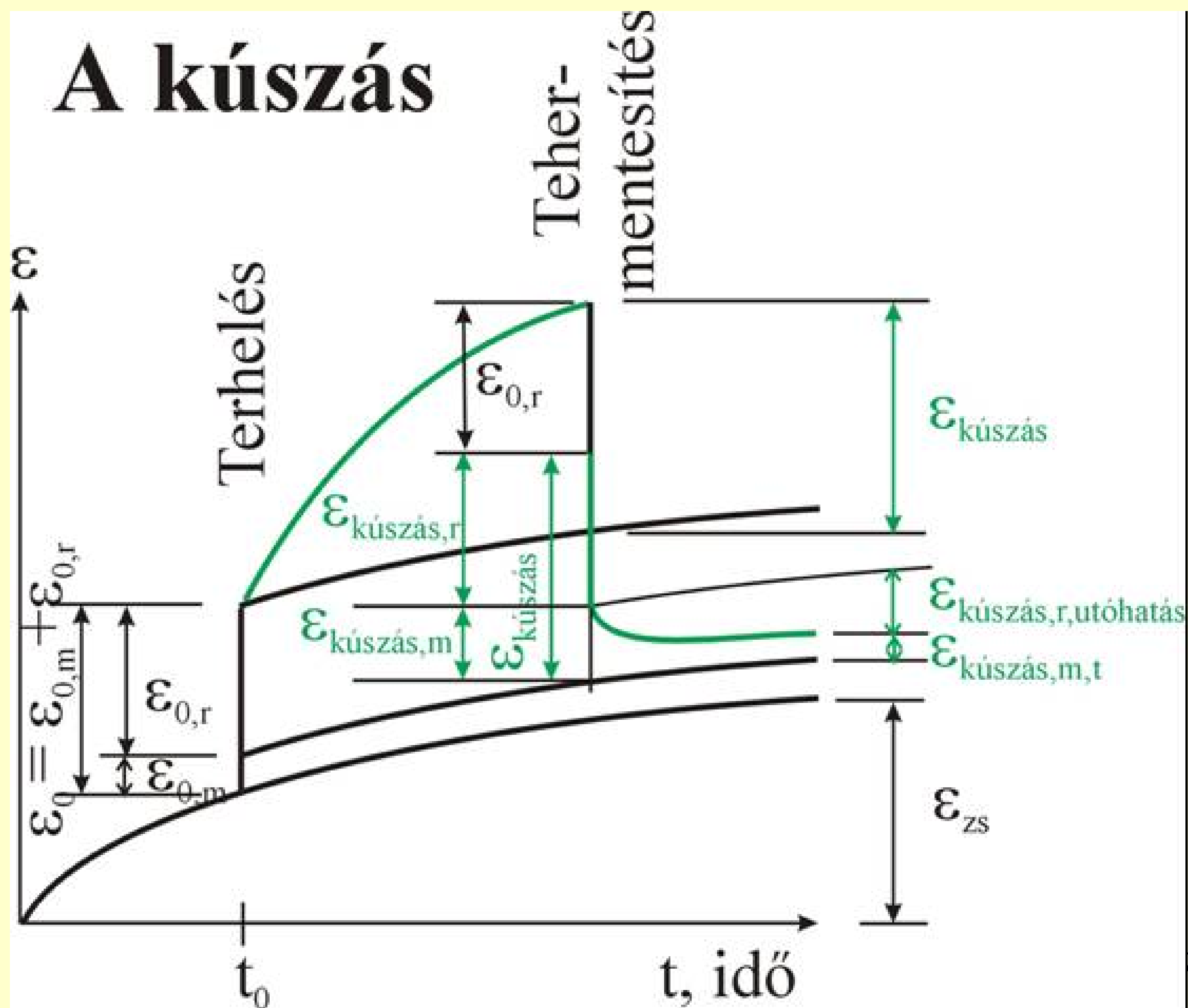
$$\varepsilon_{t,m} = \varepsilon_{zs} + \varepsilon_{0,m} + \varepsilon_{kúszás,m}$$

Tehermentesítés után, az idő folyamán a kúszás maradó alakváltozásának egy része rugalmasan visszaalakul,

- ezt a kúszás rugalmas utóhatásának nevezik ($\varepsilon_{kúszás,r,utóhatás}$)

- ezért a tartós alakváltozás maradó részének végértéke:

$$\varepsilon_{t,m,\infty} = \varepsilon_{zs} + \varepsilon_{0,m} + \varepsilon_{kúszás,m} - \varepsilon_{kúszás,r,utóhatás}$$



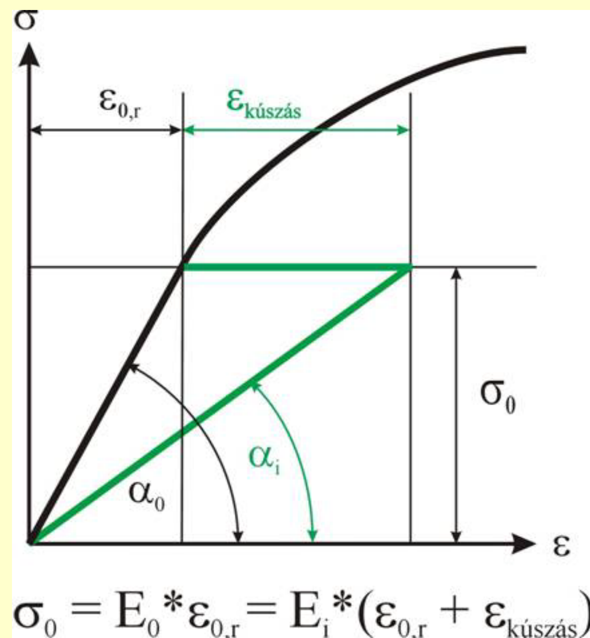
A kúszás
Teher-
mentesítés
Terhelés
ε
$\varepsilon_{0,r}$
$\varepsilon_{kúszás}$
$\varepsilon_{kúszás,r}$
$\varepsilon_{kúszás,m}$
$\varepsilon_{kúszás}$
$\varepsilon_{kúszás,r,utóhatás}$
$\varepsilon_{kúszás,m,t}$
$\varepsilon_0 = \varepsilon_{0,m} + \varepsilon_{0,r}$
$\varepsilon_{0,r}$
$\varepsilon_{0,m}$
ε_{zs}
t_0
t, idő

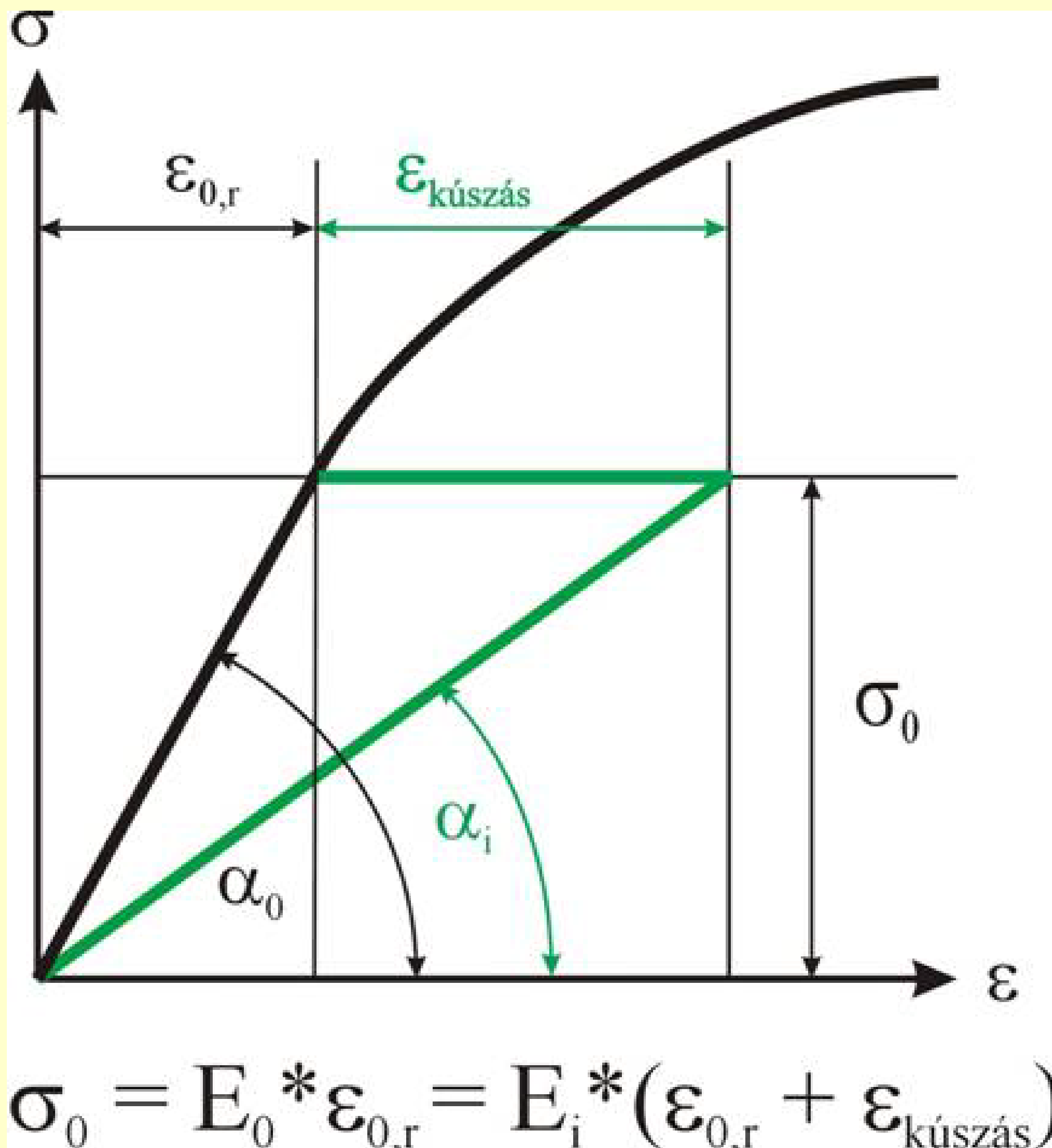
A beton kúszását a méretezés során úgy vesszük figyelembe, hogy tartós terhelés esetén a kezdeti rugalmassági modulus (E_0) helyett az „ideális” rugalmassági modulussal (E_i) számolunk:

$$E_i = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_{0,r} + \varepsilon_{kúszás}} = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_{0,r}} * \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_{kúszás}}{\varepsilon_{0,r}}} = E_0 * \frac{1}{1+\varphi}$$

ahol:

$\varphi = \varepsilon_{kúszás} / \varepsilon_{0,r}$ **= a kúszási tényező**





A beton kúszását az MSZ EN 12390-17:2020 szabvány szerint kell vizsgálni.

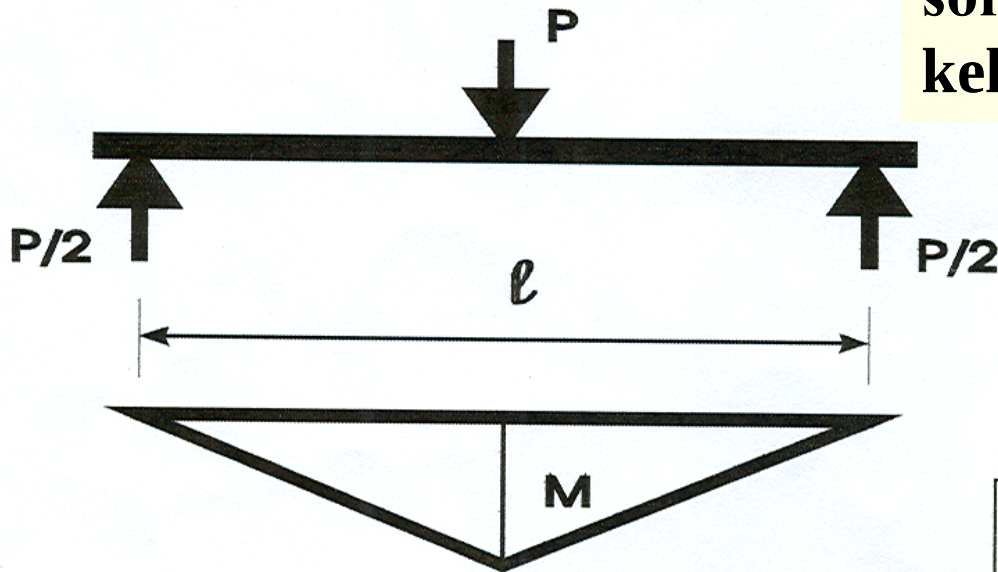
A kúszási határ a kúszásnak (vagy a lassú alakváltozásnak, amely esetben „lassú alakváltozási határ”-nak nevezik) az a végtelen hosszú időhöz tartozó legnagyobb értéke, amelyet állandó terhelő mellett az anyag éppen törés nélkül viselni képes. A kúszási határhoz tartozó feszültség a tartós szilárdság.

A beton tartós szilárdsága az az állandó terhelőerő okozta legnagyobb feszültség, amelyet a beton végtelen hosszú ideig törésmentesen elbír. *Palotás László professzor* megfogalmazásában: „a tartós szilárdság az a tartós terhelőfeszültség, amely mellett az anyag alakváltozási kapacitása kimerül”.

Beton nyomószilárdsági osztálya	Kúszási tényező közepes végértéke A kúszási határ közepes értéke
C8/10	2,7
C16/20	2,1
C25/30	1,7
C35/45	1,4
C45/55	1,2

Az 1/(1+φ) tényező egynél kisebb szám, tehát a kúszás olyan folyamatnak tekinthető, mint amely a rugalmassági modulust csökkenti, például a hajlított tartók időbeni lehajlását növeli, így voltaképpen kedvezőtlen jelenség.

Ha az időben a rugalmassági modulus (*E*) csökken, akkor a hajlított tartó lehajlása (*η*) az időben növekszik, és ezt a változást már a méretezés során a kúszási tényezővel (*φ*) kell figyelembe venni.



$$\sigma_{hajlító} = \frac{M}{K} = \frac{P*l}{4} / \frac{a*b^2}{6} = 1{,}5*\frac{P*l}{a*b^2}$$

Lehajlás a tartó támaszközepén:

$$\eta = c * \frac{P * l^3}{E * I} = \frac{1}{48} * \frac{P * l^3}{E * I}$$

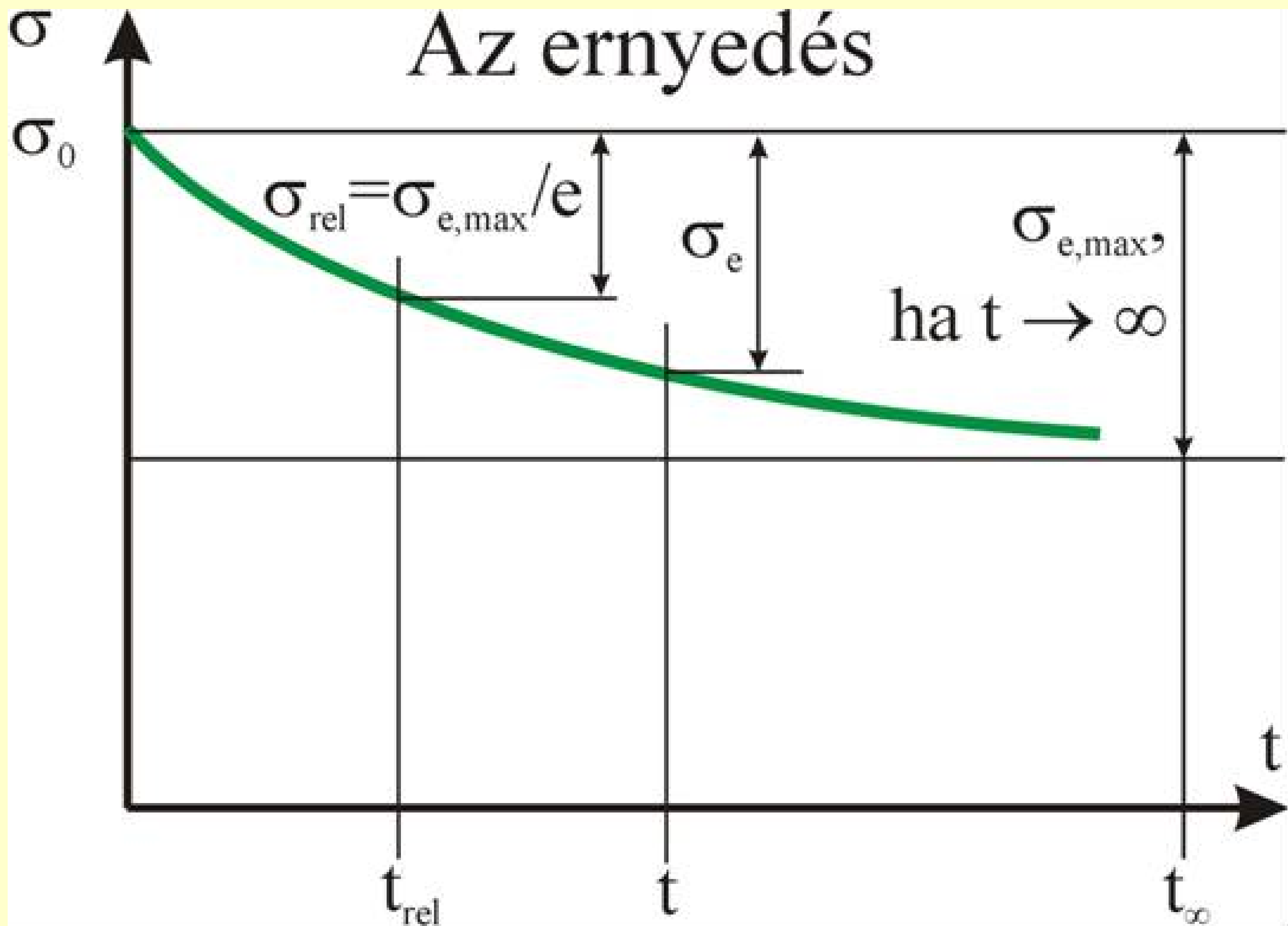
E*I = hajlítási merevség

A beton kúszását befolyásolja:

a szerkezeti elem keresztmetszetének alakja;
a terhelés kezdetének időpontja;
a környezet relatív páratartalma;
a friss beton konzisztenciája;
a megszilárdult beton szilárdsága stb.

A kúszás az egyébként is ajánlott szilárdság növelő intézkedésekkel csökkenthető:

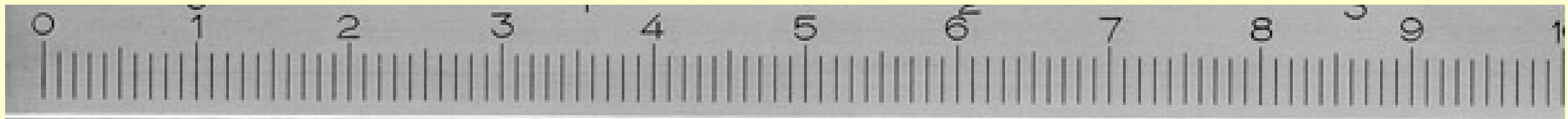
nagyobb szilárdságú cement;
jó minőségű adalékanyag;
kevés keverő víz;
jó bedolgozás;
gondos és hosszú idejű nedves utókezelés;
késői kizsaluzás stb.



σ
Az ernyedés
σ0
σrel=σe,max/e
σe
σe,max,
ha t → ∞
t
trel
t
t∞

Az ernyedés (σ_e), más szóval relaxáció tulajdonképpen a kúszás inverze, „megfordítottja”. Azt a feszültség csökkenést (ernyedést) jelenti, amely az alakváltozás állandó értéken tartásához szükséges.

Azt az időt, amely alatt az ernyedés végértékének ($\sigma_{e,max}$) bizonyos hányada (σ_{rel}) bekövetkezik, ernyedési (relaxációs) időnek (t_{rel}) hívják. Ennek értéke igen nagy szám.



Köszönöm a figyelmüket..., de

RÁADÁS
azoknak, akik szívesen nézegetik a régi könyveket:

***Erich Siebel*:**
Handbuch der Werkstoffprüfung
Zweite verbesserte Auflage

Dritter Band:

Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe
Herausgegeben von *Otto GRAF* †

Springer-Verlag
Berlin/Göttingen/Heidelberg
1957

Die Prüfung nichtmetallischer Baustoffe

Bearbeitet von

K. Alberti, Köln · W. Albrecht, Stuttgart · G. Blunk, Braunschweig · E. Brandenberger, Zürich · E. Brenner, Stuttgart · H. Broese van Groenou, Mannheim · F. Burgstaller, Krebsöge · K. Egner, Stuttgart · K. Gösele, Stuttgart · O. Graf† · G. Haegermann, Hemmoor · R. Haug, Stuttgart · H. Hecht, Berlin · A. Hummel, Aachen · F. Kaufmann, Stuttgart · F. Keil, Düsseldorf · A. Kieslinger, Wien · R. Köhler, Düsseldorf · F. Kollmann, München · Th. Kristen, Braunschweig · W. Küch, Dortmund · J. Löffler, Witten · H. Mallison, Essen · H. Mayer-Wegelin, Hann.-Münden · H. Muhs, Berlin · K. Obenauer, Düsseldorf · F. de Quervain, Zürich · W. Rodel, Zürich · G. Rodloff, Witten · W. Schüle, Waiblingen · W. Schwaderer, Stuttgart · H. Seekamp, Berlin · H. zur Strassen, Wiesbaden · A. Voellmy, Zürich · K. Walz, Düsseldorf · D. Wapler, Stuttgart · G. Weil, Stuttgart · H. Zycha, Hann.-Münden

Herausgegeben von

Otto Graf†



Zweite verbesserte Auflage

Mit 690 Abbildungen



Springer-Verlag
Berlin / Göttingen / Heidelberg
1957

Hosszváltozás-mérés bebetonozott csapszegre erősített mérőórával

Mérési alaphossz

Ide támaszkodik a mérőrúd

örigen Bolzen mit einer eine Meßuhr, in den ugespitzter Stift ein- bolzen der Meßuhr und

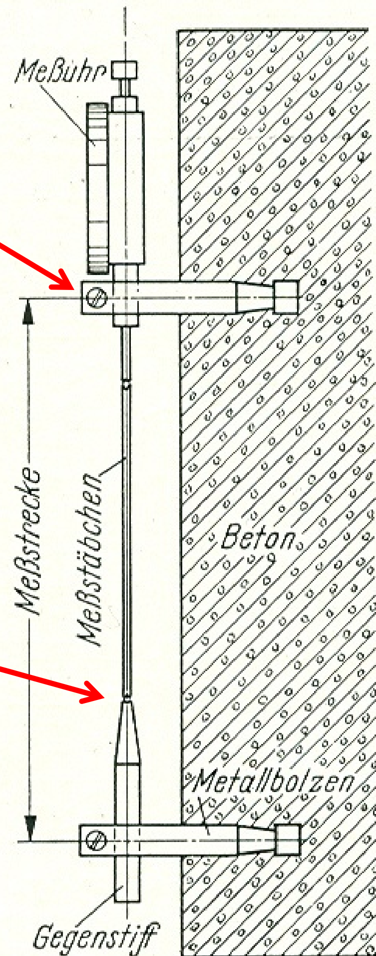


Abb. 1. Dehnungsmessung mit an einbetonierten Bolzen befestigter Meßuhr.

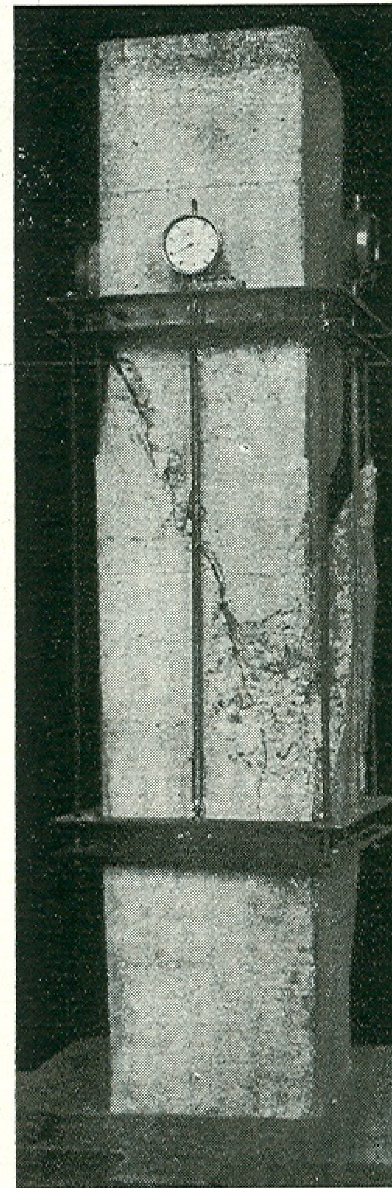
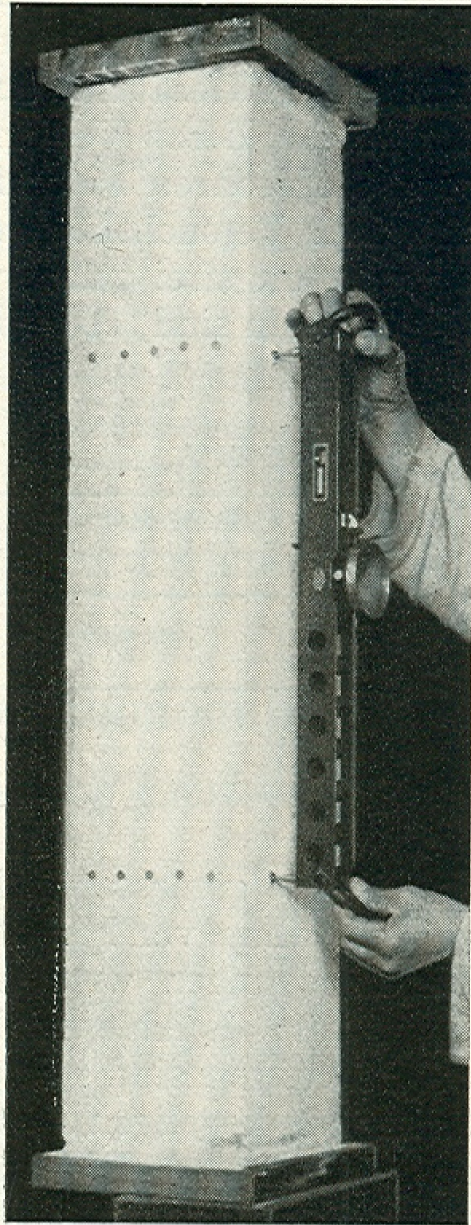


Abb. 2. Dehnungsmessung mit in Stahlrahmen eingesetzten Meßuhren[1].

Hosszváltozás-mérés acélkeretre ültetett mérőórával

Helyszíni vizsgálati módszer


Abb. 3. Dehnungsmessung mit Setzdehnungsmesser.

A Stuttgarti Műszaki Egyetem
(Technische Hochschule Stuttgart)
Építőipari Kutató és Anyagvizsgáló Intézetének
(Forschungs- und Materialprüfungsanstallt für das Bauwesen)
hordozható, deformméter típusú Hosszváltozás mérő eszköze, amelyet két változatban, 200 mm-es és 500 mm-es mérőhosszal fejlesztettek ki

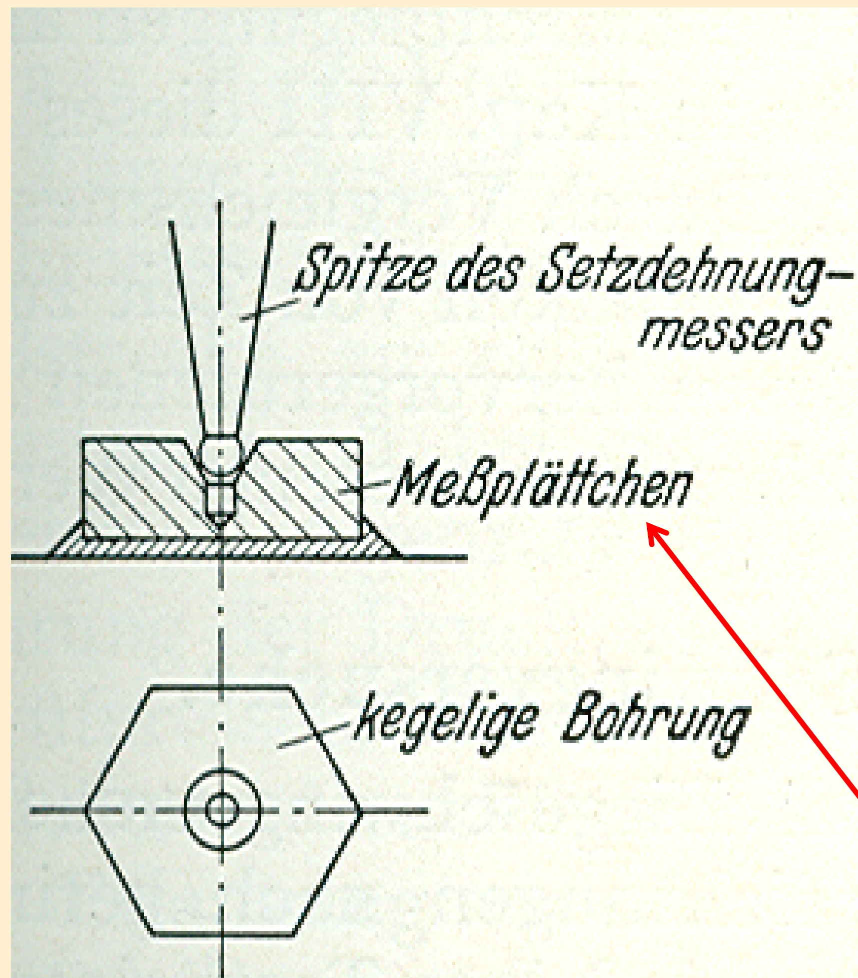


Abb. 4.

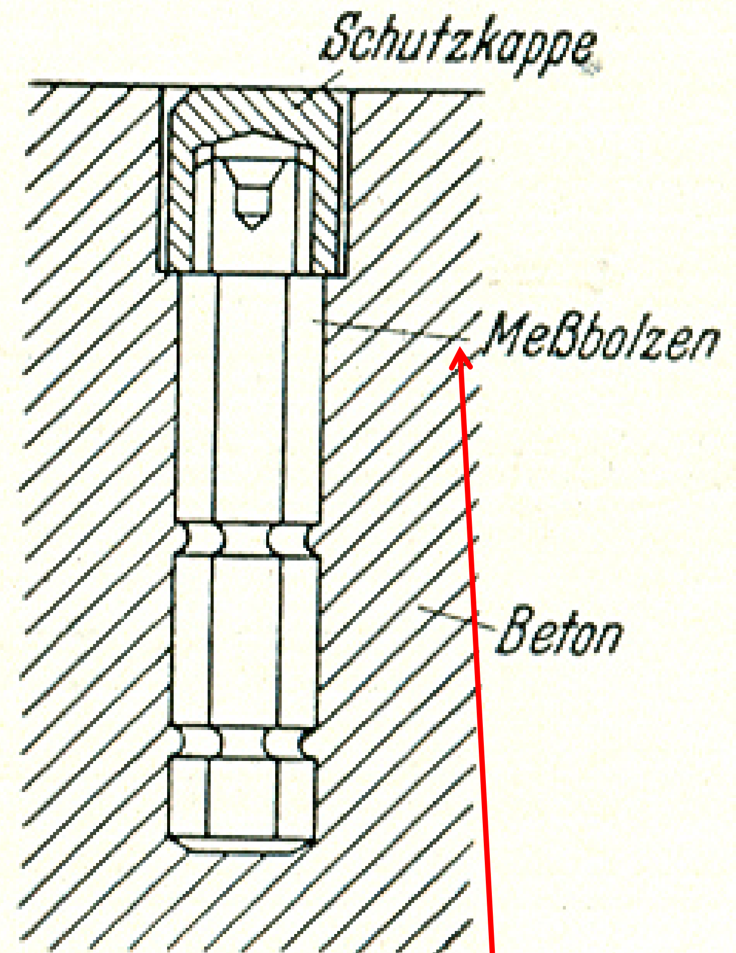


Abb. 5.

Abb. 4 u. 5. Meßplättchen und Meßbolzen für Setzdehnungsmesser.

Az előző ábrán bemutatott deformméter mérőlapkája és mérőcsapja

Mérőkeret

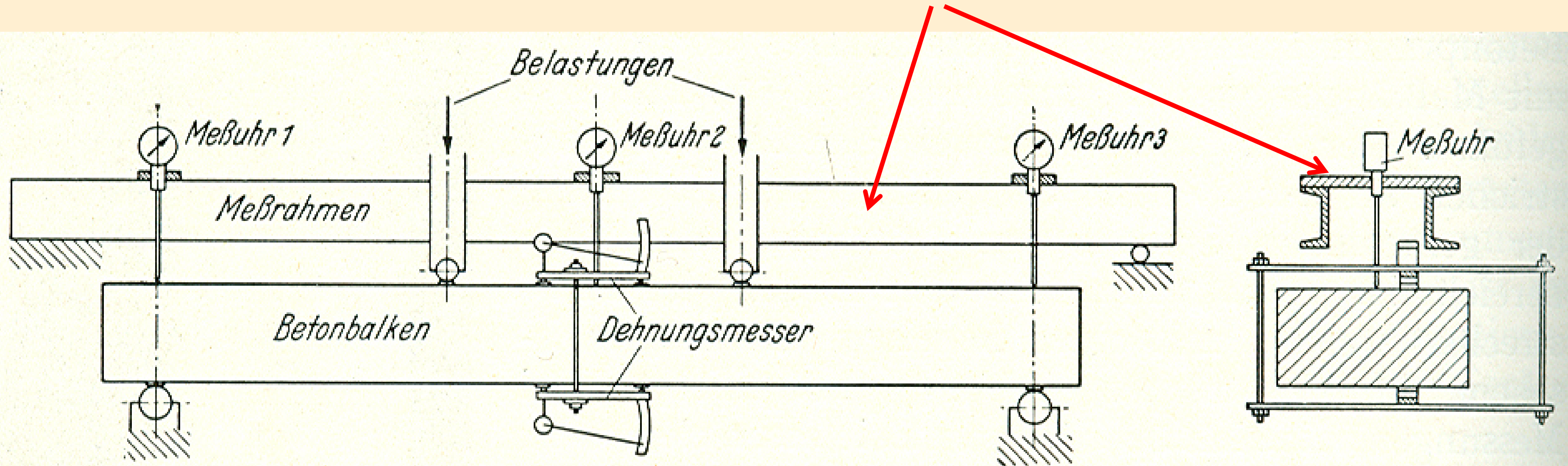


Abb. 6. Versuchsanordnung für Biegeversuche.

Kísérleti eszköz betongerenda lehajlásának mérésére

Abb. 1. = 1. ábra:
Zsugorodási görbe az idő függvényében,
a kötési hő figyelembevételével

Abb. 2. = 2. ábra:
A levegő páratartalmának hatása a zsugorodásra, 2, 3 és 50 napos korban (*Lucas* után)

Melegedés **Hűlés**

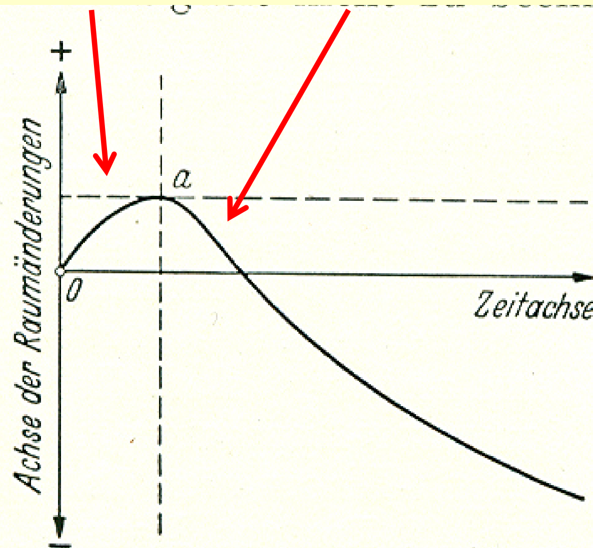


Abb. 1. Ausgangspunkt der Schwindmessungen unter Berücksichtigung der Abbindewärme.

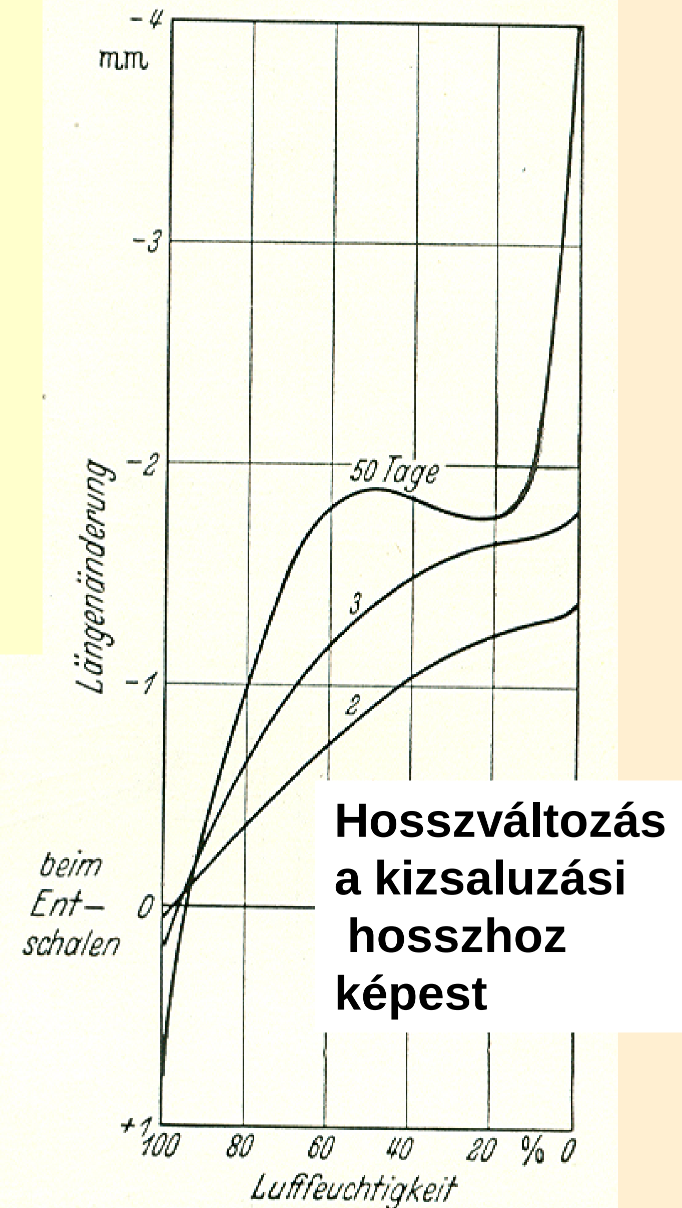


Abb. 2. Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf das Schwinden nach Lucas.

Hosszváltozás a kizsaluzási hosszhoz képest

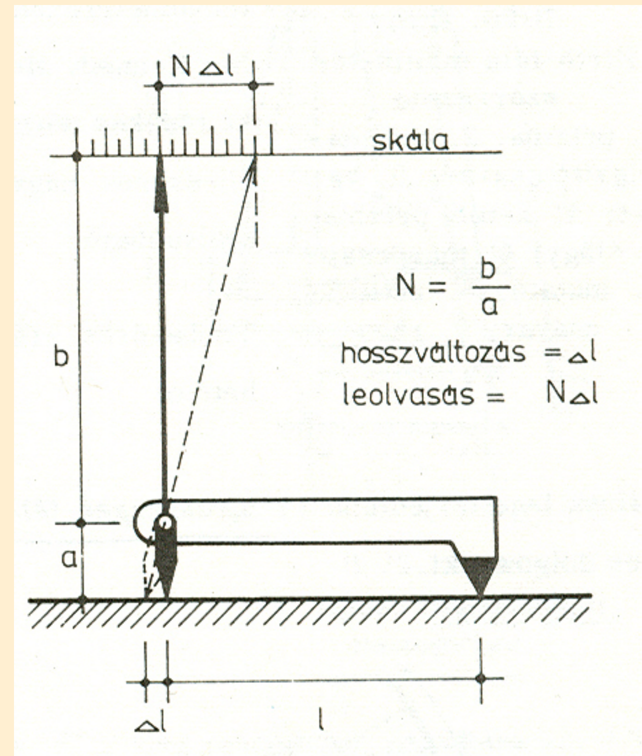
HUGGENBERGER TENZOMÉTER.

Ezt a típust fenn már a *Weiss György*-féle könyvben is láttuk.

A mutató-leolvasás pontosságát parallaxis-tükör segíti.

A műszer mérési alaphossza: 200 mm vagy 500 mm.

Abb. 4. Tensometer.



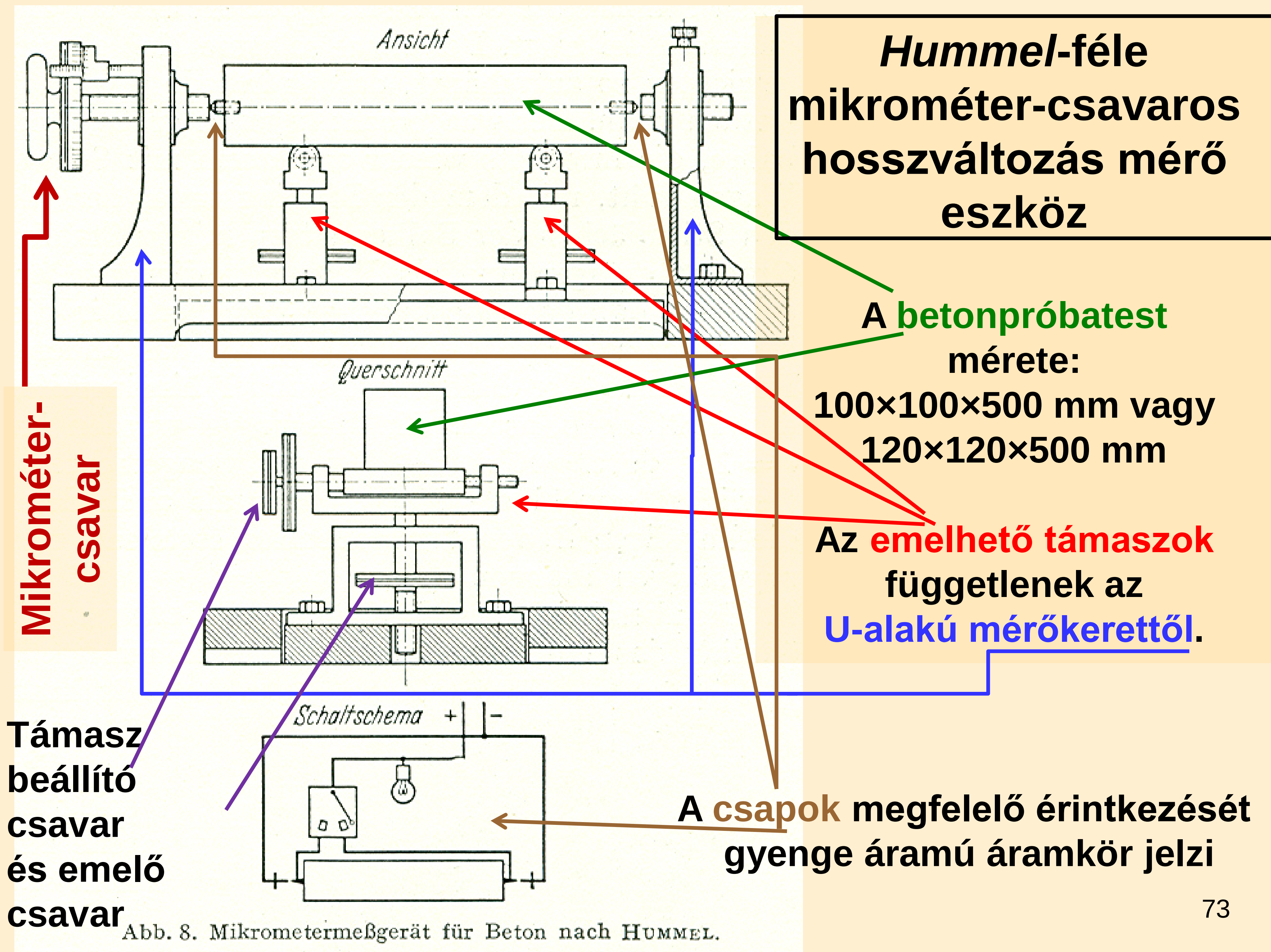


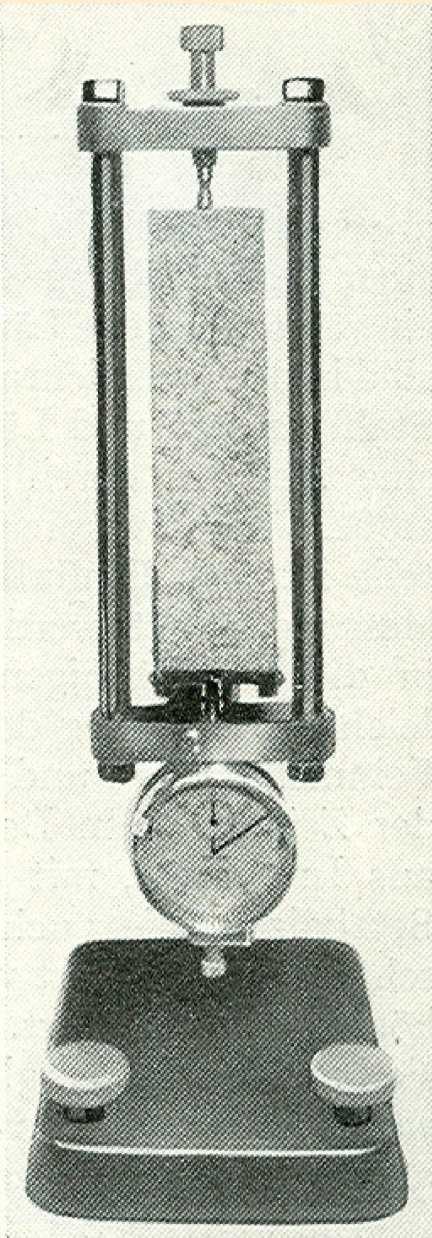
Abb. 8. Mikrometermeßgerät für Beton nach HUMMEL.

Amsler-Wetzlar-féle beton zsugorodás mérő kocsi

A tanszéki gyakorlaton is bemutattuk.

Mikrométercsavar „túl-csavarást gátló” szerkezettel

Abb. 9. Schwindmeßgerät nach Amsler.


Abb. 10. Schwindmeßgerät nach GRAF-KAUFMANN.

Graf-Kaufmann-féle beton zsugorodás mérő eszköz

A fényképen álló-helyzetű elrendezés látható, a tanszéki gyakorlaton (lásd a fenti diaképet) fekvő-helyzetben mérő eszközt mutattunk be.

Fekvő-helyzetű elrendezés esetén fontos, hogy a próbatest ne kéttámaszú gerendaként alátámasztva feküdjön, mert a támaszok az elmozdulásokat fékezhetik.

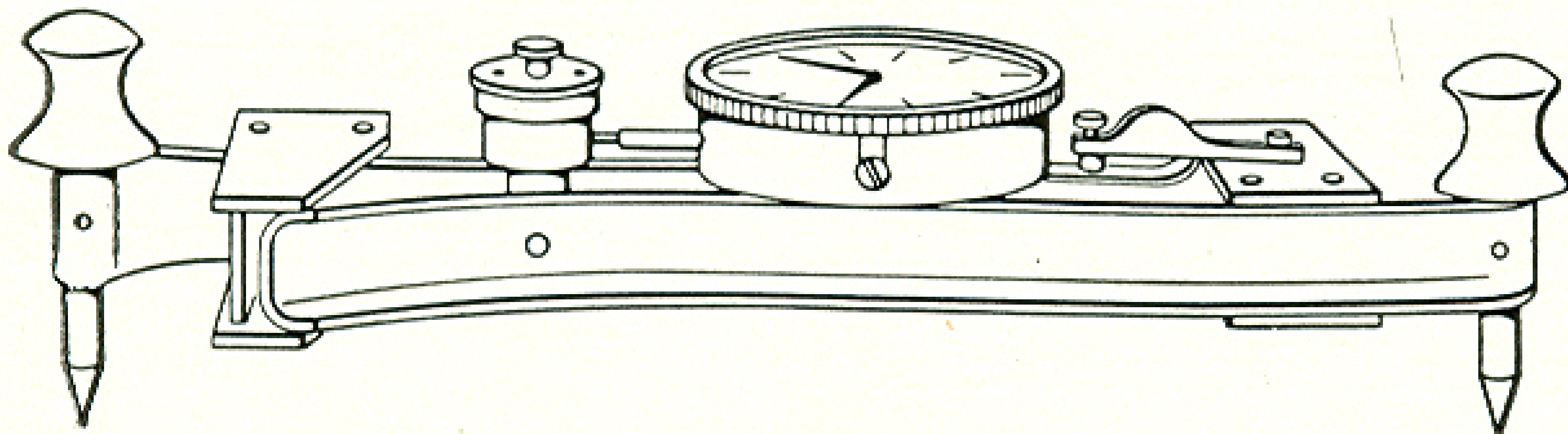


Abb. 11. Setzdehnungsmesser nach HUGGENBERGER (vgl. a. Bd. I, Kap. VI C, 2 a).

***Huggenberger*-féle deformméter**

(esetlénként, így ebben a könyvben is deforméternek nevezik, egy „m”-mel írva).

A helyszíni zsugorodás mérésre kialakított típus mérési alaphossza 254 mm (= 10 inch), leolvasási pontossága 0,0025 mm.

Felső ábra: Nagypontosságú *Graf*-féle (Technische Hochschule Stuttgart) eszköz, amelyet a XX. század első felében a német birodalmi beton-autópályák zsugorodásának mérésére használtak.

Alsó ábra: A Müncheni Műszaki Egyetemen (Technische Hochschule München) kifejlesztett zsugorodás mérő.

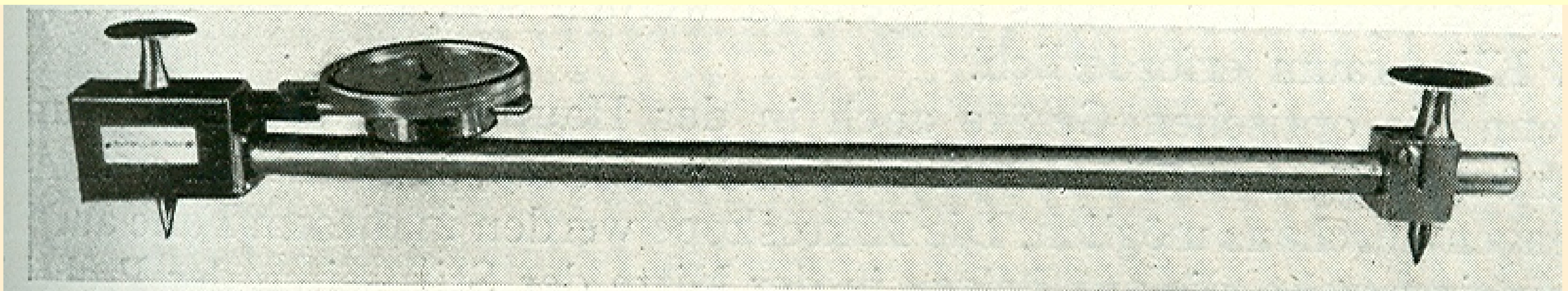


Abb. 12a. Münchener Setzdehnungsmesser.

Leitz-féle optikai betonkomparátor

Fenn már beszéltünk róla.

Az ábrán látható komparátor mikroszkópjainak nagyítása 100-szoros.

Mérési alaphossz: Legfeljebb 400 mm.

Leolvasási pontosság: 0,001 mm

Abb. 13. Komparator.

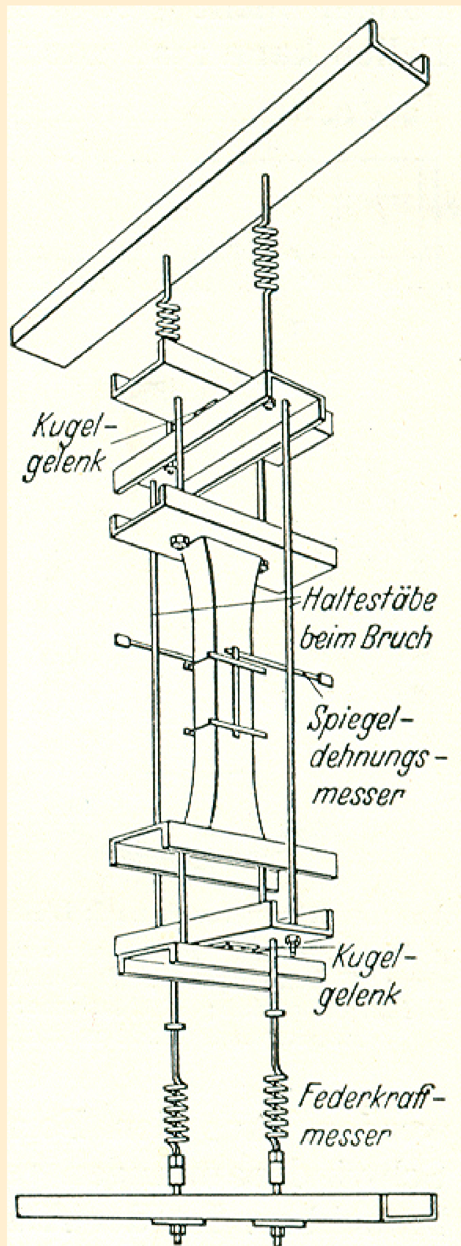


Abb. 14. Messung der Schwindspannungen nach THOMAS.

F. G. Thomas **az ábrán látható berendezéssel a beton 2-3 hónapos koráig azt vizsgálta, hogy a lassan növekvő húzóerő hatására ébredő megnyúlások és a zsugorodás okozta rövidülések miként összegződnek.**

A húzóerőt rugókkal ébresztették.

A méréshez klímakamrára volt szükség, mert minden egyéb feszültség fellépése a mérési eredmény pontosságát leronthatta volna.

Fenn a „kúszási ábrán” azt láttuk, hogy a zsugorodás és a nyomóterhelések ébresztette alakváltozások (összenyomódások) összeadódnak.

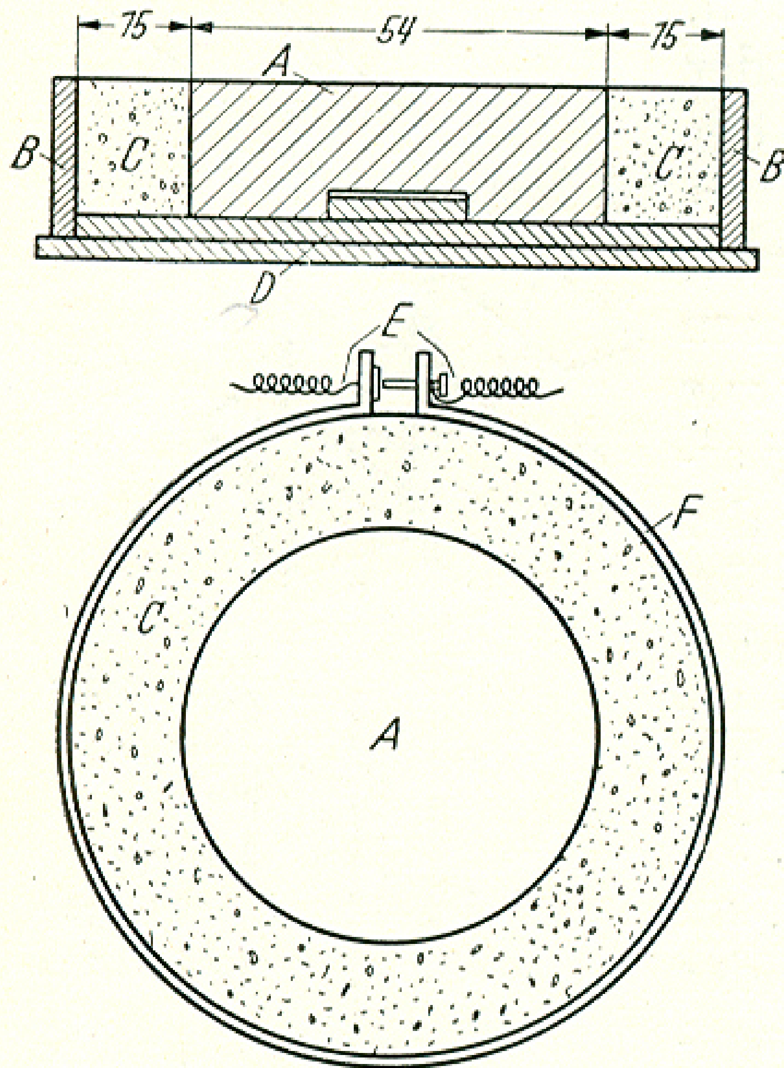


Abb. 17. Ringversuch nach L'HERMITE.
A Stahlzylinder; *B* äußerer Schalungsring; *C* Zementpaste; *D* Bodenplatte; *E* Platinkontakte; *F* elastischer offener Messingring (Maße in mm).

L'Hermite-féle zsugorodás mérő gyűrű.

A zsugorodó beton próbagyűrű az „A” jelű acél-magra feszül, és megrepedezik.

A beton próbagyűrűt kívülről egy rugalmas, nyitott fém mérőgyűrű (F) veszi körül, amelyre illesztett elektromos érintkezővel (E) az első repedés megjelenésének időpontja érzékelhető.

A Tanszéken dr. *Fenyvesi Olivér* tanár úr alkalmazta a gyűrűs zsugorodás mérőt a „Betonok korai zsugorodási repedésérzékenysége” című doktori értekezésének kidolgozása során. PhD. értekezésének tézisfüzete itt olvasható: http://www.omikk.bme.hu/collections/phd/Epitomernoki_Kar/2012/Fenyvesi_Oliver/tezis_hun.pdf

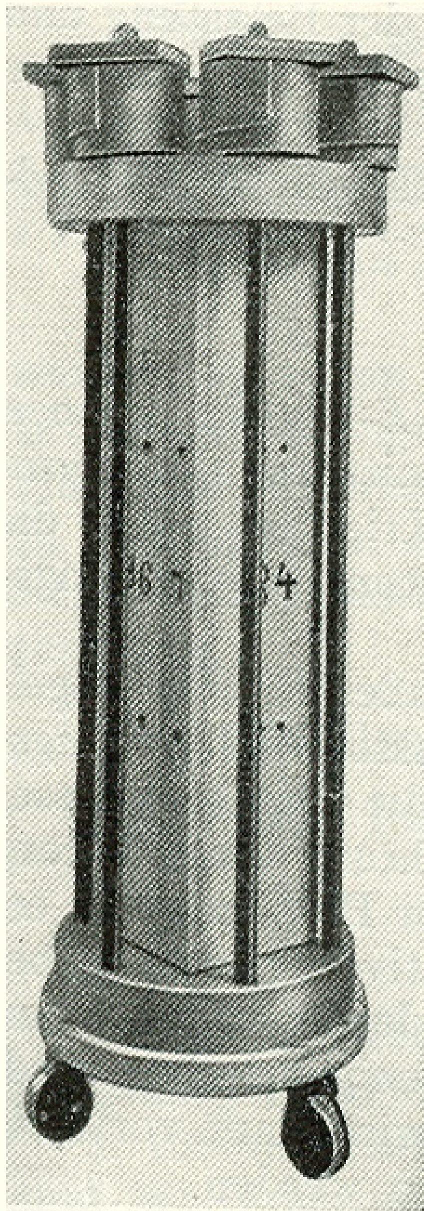


Abb. 18. Dauerbelastung nach GRAF.

A bal oldalon lévő fényképen (Abb. 18.) a *Graf*-féle kúszás vizsgáló berendezés látható.

A kúszás vizsgáló berendezésekben a tartósan ható terhelést például rúgókkal vagy hidraulikus nyomással szokták létrehozni.

(Lásd a következő diaképet is)

Tenzométer



Jobbra: A BME Építőanyagok Tanszékének egykori rugós kúszás vizsgáló berendezése (talán még a *Mihailich* professzor idejéből?)

Abb. 20.:
***Rüsch*-féle hidraulikus berendezés**
a kúszás vizsgáló berendezéshez, amellyel egyszerre több próbatest is tartósan nyomás alatt tartható volt.

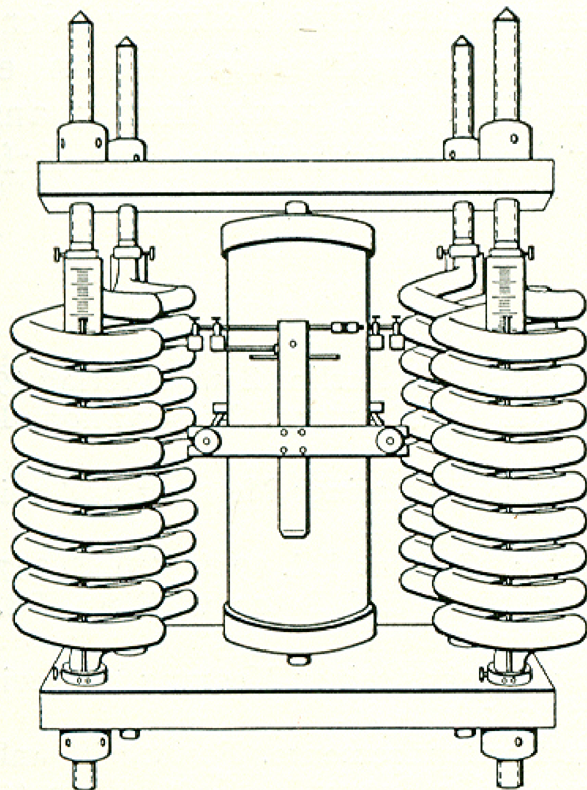


Abb. 19. Dauerbelastung mit Hilfe von 4 Spiralfedern.

Abb.19.: *Glanville*-féle rugós, skálás-mutatós terhelő berendezés kúszás vizsgálóhoz.

A skálán a rugóerőt lehetett leolvasni.

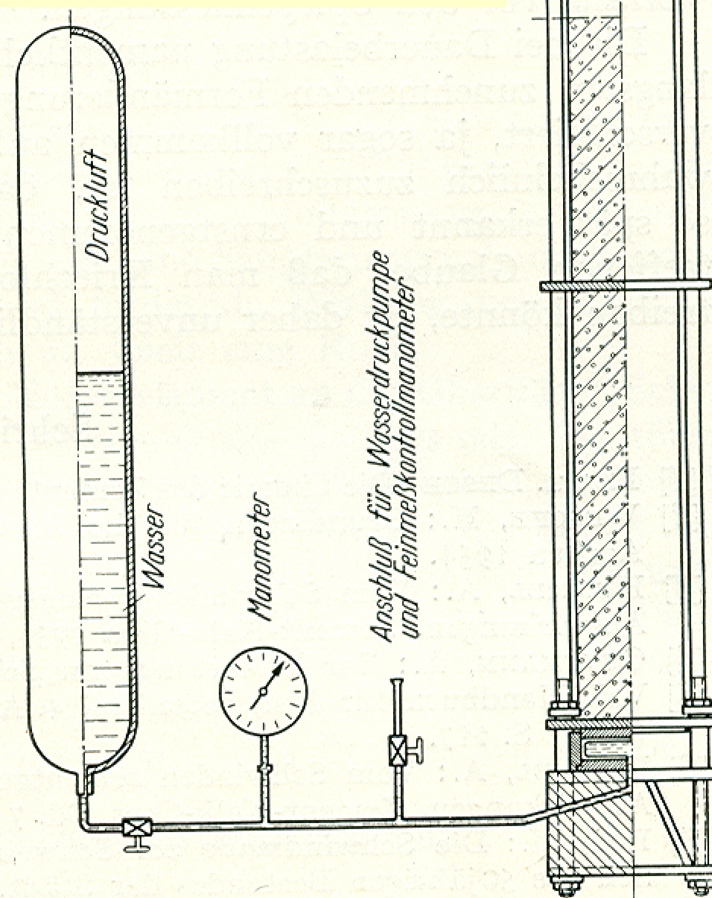
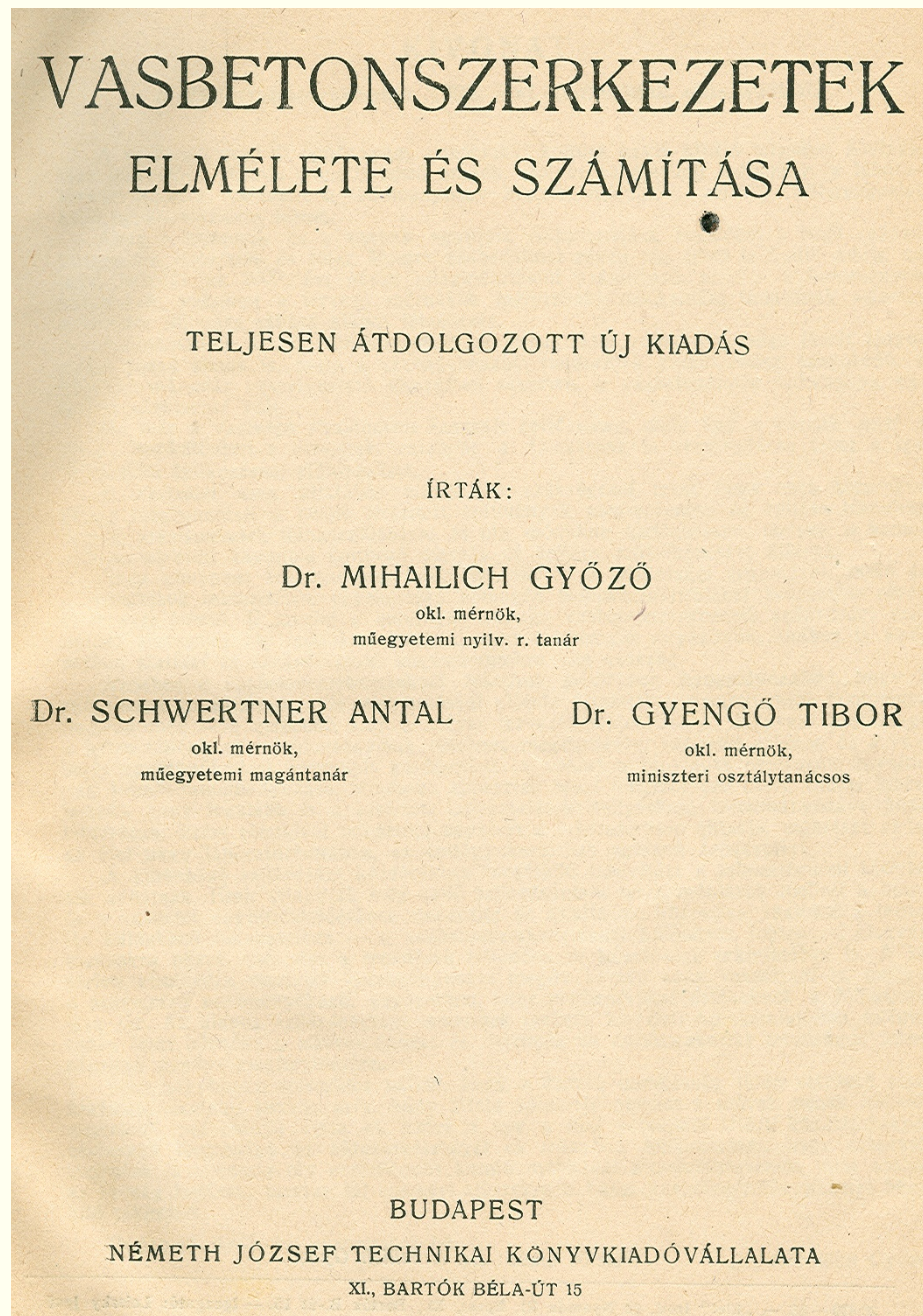


Abb. 20. Vorrichtung für Dauer-Druckbelastung nach Rüsch.

Nem sokkal a II. világháború befejezte után, 1946 májusában jelent meg *Mihailich Gy. – Schweitner A. – Gyengő T.*: „Vasbetonszerkezetek elmélete és számítása” című könyve, amely az 1922. évi kiadás teljesen átdolgozott új kiadása volt.

A műegyetemi professzorok könyvükben egyebek mellett foglalkoztak a lassú alakváltozással is.



VASBETONSZERKEZETEK

ELMÉLETE ÉS SZÁMÍTÁSA

TELJESEN ÁTDOLGOZOTT ÚJ KIADÁS

ÍRTÁK:

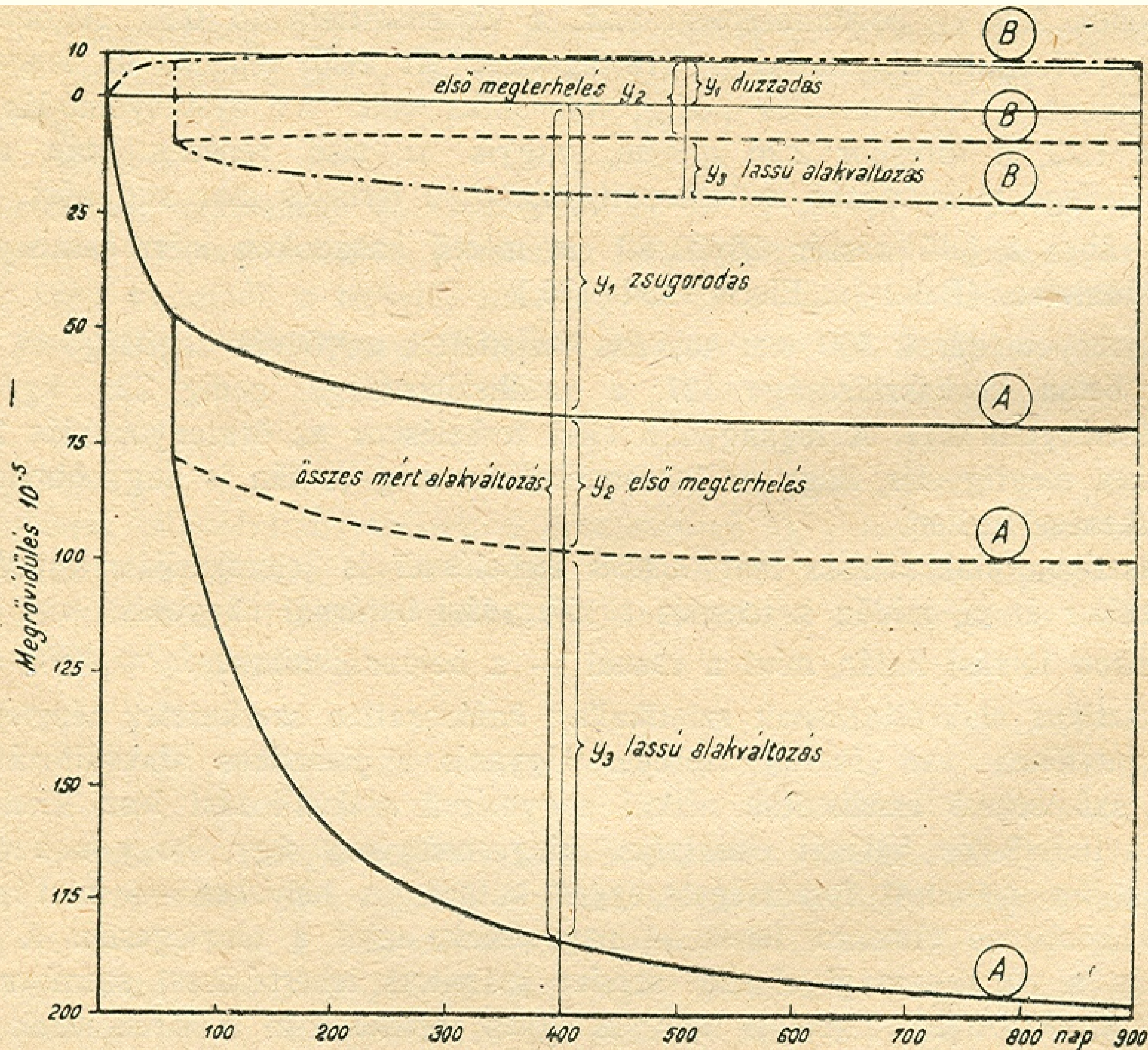
Dr. MIHAILICH GYŐZŐ
okl. mérnök,
műegyetemi nyilv. r. tanár

Dr. SCHWERTNER ANTAL
okl. mérnök,
műegyetemi magántanár

Dr. GYENGŐ TIBOR
okl. mérnök,
miniszteri osztálytanácsos

BUDAPEST
NÉMETH JÓZSEF TECHNIKAI KÖNYVKIADÓVÁLLALATA
XI., BARTÓK BÉLA-ÚT 15

Ábra a Mihailich Gy. – Schweitner A. – Gyengő T.: „Vasbetonszerkezetek elmélete és számítása" c. könyvből



45. ábra. A zsugorodás és duzzadás, továbbá az első megterhelés és a tartós terhelés okozta alakváltozások.

Részlet a *Mihailich Gy. – Schweitner A. – Gyengő T.*: „Vasbetonszerkezetek elmélete és számítása" című, 1946. évi kiadású könyvből

A zsugorodás és a duzzadás hatása úgy állapittatott meg, hogy a megterhelt próbatestekkel egyidejűleg külön megfigyeltettek teljesen azonos körülményk közt tartott meg nem terhelt próbatestek. A levegő hőmérséklete állandóan 20—22 C°, a nedvességtartalma pedig 45—50% volt. A próbatestek 40/10/10 cm méretű hasábok. Az *A* jelű beton zúzott porphir-ből készült és viszonylag sok porphir-port tartalmazott. Egy m³ betonban 341 kg portlandcement volt. A vízcementtényező 0.69. A zúzott kő legnagyobb szemnagysága 2 cm. A *B* jelű beton rajnai homokból és kavicsból állíttatott elő, a legnagyobb szemnagyság 3 cm. Egy m³ betonban volt 289 kg portlandcement, a vízcementtényező 0.69. Mindkét fajta beton hasábszilárdsága 60 napos korban 225 kg/cm². **225 kg/cm² = 225×0,0981 = 22,1 N/mm²**

A 45. ábrán látható diagrammok 60 kg/cm² nagyságú tartós terhelés okozta alakváltozásokat mutatnak. **60 kg/cm² = 60×0,0981 = 5,9 N/mm²**

A tartós terhelés rugós szerkezet útján biztosíttatott.

A betonhasábok 60 napos korukban terheltettek meg először fokozatosan 60 kg/cm² nagyságú nyomásig. Ezután ez a 60 kg/cm² nagyságú terhelés állandóan hatott. Az *A* jelű testek levegőn, a *B* jelűek vízben tároltattak.

A levegőn tartott testek teljes összenyomódásából levonva a zsugorodás és az első megterhelés okozta alakváltozásokat, kiadódik a lassú alakvlátozás nagysága.

Köszönöm a szíves figyelmüket…

2014/10/9 9:50